

Vergleichende Darstellung der Abformergebnisse von Dual-Arch Abformträgern und Serienabformlöffeln

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde
des Fachbereichs Humanmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Jens Deitermann
aus Mainz

Gießen 2000

Vergleichende Darstellung der Abformergebnisse von Dual-Arch Abformträgern und Serienabformlöffeln

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde

des Fachbereichs Humanmedizin

der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Jens Deitermann

aus Mainz

Gießen 2000

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Abteilung der zahnärztlichen Prothetik
Leiter: Prof. Dr. Ferger
des Klinikums der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Wöstmann

Gutachter: Prof. Dr. Dr. Herget

Tag der Disputation: 12. Juni 2001

Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINFÜHRUNG	1
2	ZIEL DER UNTERSUCHUNG	3
3	LITERATURÜBERSICHT	4
3.1	Informationen zum Dual-Arch-System	4
3.2	Abformmaterialien	6
3.2.1	Allgemeines über Abformmaterialien	6
3.2.2	Polyvinylsiloxane	7
3.2.3	Polyether	8
3.3	Abformtechniken	8
3.3.1	Vorbemerkung	8
3.3.2	Einphasentechnik	8
3.3.3	Doppelmischtechnik	9
3.3.4	Korrekturabformung	9
3.4	Abformlöffel	10
3.4.1	Allgemein	10
3.4.2	Individuelle Löffel	11
3.4	Modellwerkstoffe	12
3.5	Methoden zur Untersuchung des Dimensionsverhaltens von Abformmaterialien	13
4	MATERIAL UND METHODEN	15
4.1	Getestete Abformmaterialien	15
4.2	Das Urmodell	18
4.3	Verwendete Löffel	21
4.3.1	Dual-Arch Metall-Abformträger	21
4.3.2	Dual-Arch Kunststoff-Abformträger	21
4.3.3	Schreinemakers-Löffel	22
4.3.4	Individuelle Löffel	23
4.4	Verwendete Adhäsive	23
4.5	Abformmethoden	24
4.6	Versuchsdurchführung	24
4.6.1	Vorbemerkung	24
4.6.2	Durchführung der Abformung mit Hilfe der Dual-Arch Abformträger Metall und Kunststoff	26
4.7	Modellherstellung	28

4.8	Vermessen der Modelle	30
4.8.1	Sockeln der Modelle	30
4.8.2	Vermessen mit Hilfe des Messmikroskops	30
4.8.3	Anfertigung der Kunststoff-Bisschlüssel	35
4.8.4	Messung der okklusalen Veränderungen	36
4.9	Darstellung der Ergebnisse	38
4.9.1	Die einzelnen Messstrecken	38
4.9.2	Die okklusale Abweichung	39
4.9.3	Die Boxplots	40
5	ERGEBNISSE	41
5.1	Messstrecken	41
5.1.1	Prämolar - Teilkronenpräparation	41
5.1.2	1. Molar - Inlaypräparation	50
5.1.3	2. Molar- Kronenpräparation	58
5.2	Okklusale Veränderungen	66
6	DISKUSSION	73
6.1	Messstrecken des Prämolaren und des 1.Molaren	75
6.2	Messstrecken des 2. Molaren	77
6.3	Okklusionsveränderungen	80
6.4	Folgerungen	81
7	ZUSAMMENFASSUNG	82
8	LITERATURVERZEICHNIS	83

ANHANG

A: Prämolar

B: 1. Molar

C: 2. Molar

1 Einführung

Die richtige Wahl des Abformlöffels spielt eine bedeutende Rolle für die Qualität und Genauigkeit des resultierenden Modells und damit für die Passgenauigkeit der Restauration. Die Auswahl des Löffels hängt von einer Reihe von Faktoren ab.

Zuerst einmal ist die Gebissituation des Patienten von entscheidender Bedeutung. Die Beschaffenheit eines Löffels zur Abformung eines zahnlosen Kiefers variiert von der eines Löffels zur Abformung teil- bzw. vollbezahnter Kiefer. Im Dentalhandel werden verschiedene Arten und Abmessungen von Abformlöffeln angeboten, die den unterschiedlichen Anforderungen gerecht werden. In der Literatur gibt es geteilte Meinungen über den Gebrauch von partiellen Abformlöffeln. Bei dieser Art von Abformträgern wird nicht der gesamte Zahnbogen eines Kiefers abgeformt, sondern nur ein bestimmter Abschnitt, wie zum Beispiel die Seiten- oder Frontzahnregion (siehe Abb. 4.4). Einige Autoren propagieren die Durchführung von Teilabformungen zur Herstellung von Kronen und Brücken (51), andere sind der Meinung, es sei immer ein Modell mit vollständigem Zahnbogen nötig (1, 21). Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um eine umfangreiche Arbeit oder nur eine einzelne Krone handelt.

Die Auswahl des für die Situation angebrachten Löffels hängt zusätzlich vom Abformmaterial und der Abformtechnik ab. Ferner sind außer den oben genannten Faktoren viele klinisch relevante Faktoren von Wichtigkeit, welche die Qualität der Abformung bestimmen. Hierbei wird noch einmal darauf hingewiesen, dass dabei keiner der Faktoren unberücksichtigt bleiben sollte. Nachlässigkeit in einem dieser Bereiche kann nicht durch genaueres Arbeiten in anderen Bereichen ausgeglichen werden; desweiteren ist die Abformung nur ein Teil der Kette von Arbeitsschritten bei der Anfertigung von Kronen und Brücken (32). Die Wahl des Abformlöffels ist also nur ein kleiner Faktor, wenngleich ein sehr wichtiger, der bei einer Abformung berücksichtigt werden muss.

Aus wirtschaftlichen Gründen verfolgt die Industrie im Sinne der zahnmedizinischen Kostenreduktion eine möglichst kostengünstige Variante bei der Entwicklung von Abformlöffeln bzw. -trägern.

Dies geschah in der Vergangenheit mit der Entwicklung von Kunststoff-Einmallöffeln (z.B. Hekomedlöffel), die sich in der Praxis jedoch nicht für definitive zahnärztliche Restaurationen bewährt haben. Eine weitere Entwicklung in diesem Bereich stellt das Dual-Arch-System dar.

Die Besonderheit dieser Abformträger ist die gleichzeitige Abformung des bezahnten Ober- und Unterkiefers einer Seite. Um dies zu ermöglichen befindet sich ein feines Netz, das von Kunststoff bzw. von Metall ummantelt ist, im Abformträger. Im Rahmen dieser Arbeit wird dieses System unter Durchführung einer Sperrung von 0,3 mm betrachtet. In der Literatur ist häufig beschrieben, dass der Patient während der Abformung in maximaler Interkuspidation zubeißen muss (17, 50, 54). Die Kieferrelation wird bei diesem Verfahren also bereits mit der Durchführung der Abformung bestimmt. Eine Gegenkieferabformung und die folgende Bissnahme sollen dadurch überflüssig werden. Die Praxistauglichkeit und Genauigkeit des Abformergebnisses bei Abformung mit Hilfe des Dual-Arch-Systems im Vergleich zu konventionellen Abformträgern gilt es hierbei hinsichtlich der Dimensions- und Okklusionsveränderungen zu prüfen.

2 Ziel der Untersuchung

Ziel dieser Untersuchung ist es, die Qualität der Abformung unter Verwendung des Dual-Arch-Systems als Abformträger messbar darzustellen und im Vergleich zu konventionellen Abformträgern zu bewerten.

Diese Arbeit umfasst zwei Versuchsabschnitte:

1. Vermessung der Modelle anhand von Referenzkerben innerhalb des Urmodells mit Hilfe eines Messmakroskops.
2. Zusätzlich wird die Veränderung der okklusalen Verhältnisse bei Abformungen mit diesem System betrachtet.

3 Literaturübersicht

3.1 Informationen zum Dual-Arch-System

In der Literatur sind nur wenige Arbeiten bezüglich des Dual-Arch-Systems beschrieben (9, 17, 39, 40, 46, 50, 54).

Hierbei handelt es sich um ein System, bei dem die gleichzeitige Abformung des Ober- und Unterkiefers im Vordergrund steht. Während diese Technik z. B. in den U.S.A. häufiger verwendet wird, ist dieses Verfahren in Deutschland noch nicht etabliert, obwohl dieses Löffelsystem bereits seit längerem auf dem Dentalmarkt erhältlich ist. Um die gleichzeitige Abformung des Ober- und Unterkiefers zu ermöglichen befindet sich ein feines Netz, das von Kunststoff bzw. Metall ummantelt ist, im Abformträger. Dieser ist derart gestaltet, dass es dem Patienten während der Abformung möglich ist, einen Kieferschluss durchzuführen. Es handelt sich hierbei um eine U-Form des Abformträgers, in dessen Mitte ein feines Netz gespannt ist, welches bei der Abformung die Zahnreihen des Oberkiefers von denen des Unterkiefers trennt. Dabei kommt die Schlaufe des U's distal der Zähne zum Liegen; nach mesial ist das Netz nicht von Metall bzw. Kunststoff begrenzt, da es sonst für den Patienten nicht möglich wäre, die Zahnreihen zu schließen. Es ist allerdings nicht realisierbar, die Quadranten der rechten und linken Seite auf einmal abzuformen. Die Bezeichnung 'partieller Löffel' ist deshalb zutreffend.

Während der Abformung sollten sich die Zähne des Ober- und Unterkiefers der Meinung mehrerer Autoren nach in maximaler Interkuspitation befinden (17, 50, 54). In anderen Quellen wird die Verwendung einer dünnen Zinn-Folie auf der Gegenseite angeraten, um die durch das Netz verursachte Diskrepanz zu kompensieren (40). Bei der Abformung am Patienten wird dazu zwischen die Zähne der Gegenseite eine dünne Zinn-Folie aufgebracht. Die Kieferrelation wird bei diesem Verfahren bereits mit der Durchführung der Abformung bestimmt. Eine Gegenkieferabformung und die folgende Bissnahme sollen dadurch überflüssig werden.

Im Rahmen einer Studie von *Parker, M. H. und Mitarbeitern* zeigten die nach der Dual-Arch-Technik einartikulierten Modelle signifikant genauere okklusale Beziehungen in maximaler Interkuspidation, als die nach herkömmlicher Abformung des gesamten Zahnbogens (39).

Desweiteren ist es bei dieser Methode ebenfalls möglich, eine häufig hilfreiche Zweitabformung herzustellen, ohne dabei qualitative Einbußen hinnehmen zu müssen (46).

Übereinstimmend äußern sich die Autoren bezüglich der Vorteile dieses Systems, die sie vor allem in einer Kostenreduktion, Zeitersparnis und Minimierung der Fehler bei der Bestimmung der Kieferrelation sehen. Kontraindiziert ist die Verwendung von Dual-Arch Abformträgern bei Gebissituationen mit starker Zerstörung der Dentition, so dass kein zuverlässiger Anhaltspunkt zur Gestaltung der Zahnform erhalten ist oder wenn der okklusale Kontakt der Zähne unzureichend ist. Hierbei ist die Abformung des gesamten Zahnbogens erforderlich (54). Uneinheitlich ist die Meinung bezüglich der Abformung mit Hilfe dieser Trays. Während *Wilson, E. G.* (54), *Taylor, W. N.* (50) und *Kaplowitz, G. J.* (17) sich für einen völligen Kieferschluss mit Kontakt der Antagonisten aussprechen, verwendet *Pensler, A. V.* (40) eine dünne Zinnfolie zwischen den Zahnreihen der anderen Quadranten, um Platz für die Abformmasse zu erhalten. Bei letzterer Methode trifft man allerdings auf das Problem des Einartikulierens, da Ober- und Unterkieferzähne eine geringgradige Sperrung aufweisen, die unbedingt zurückgeführt werden muss. Dieses beeinflusst eventuell die Genauigkeit der Bissrelation, die bei diesem Verfahren, bedingt durch die Sperrung, nicht mehr mitbestimmt wird.

Übereinstimmend kamen jedoch alle zu dem Ergebnis, dass sich mit Hilfe des Dual-Arch-Systems einfach und zeitsparend Abformungen anfertigen lassen, die den klinischen Anforderungen auch bezüglich der folgend angefertigten Restaurationen voll entsprechen.

3.2 *Abformmaterialien*

3.2.1 Allgemeines über Abformmaterialien

Nach Einführung der gummielastischen Abformmaterialien in den fünfziger Jahren kommt den thermoplastischen Materialien heute fast keine Bedeutung mehr zu (33). Nach Ansicht führender Materialkundler zählen Polyethergummi und Vinylpolysiloxane heute zu den präzisesten Abformstoffen (61). Kondensationsvernetzende Silikone sind aufgrund der Abspaltung des Kondensats Ethanol einer relativ hohen Kontraktion unterworfen. In den freien Dimensionsveränderungen der Abformmassen nach einer, drei und 24 Stunden erreichen die kondensationsvernetzenden Silikone signifikant ungünstigere Werte als Polyvinylsiloxane. Polyethergummi und Polyvinylsiloxane können vor dem Ausgießen unbedenklich über Stunden und Tage gelagert werden. Dies ist vor allem unter dem transporttechnischen Gesichtspunkt von Vorteil (21, 62). Es treten durch verschiedene Ursachenquellen unterschiedliche Volumenveränderungen auf. Die durch die Abbindung bedingte Volumenveränderung der Elastomere wird zusätzlich noch durch die thermische Schrumpfung und die elastische Rückstellung überlagert (58). Die durch den Abbindevorgang ausgelöste Änderung des Volumens wird auch als Polymerisationsschrumpfung bezeichnet. Die thermische Kontraktion kommt durch das Temperaturgefälle von Mund- auf Raumtemperatur zustande. Um zu verhindern, dass das Lumen der abgeformten Präparationen innerhalb der Abformung kleiner, und damit das Modell kleiner wird, ist ein inniger Verbund von Abformmaterial und Löffel vonnöten. Hierbei sind sowohl die mechanische als auch die chemische Verbindung zu erwähnen (59). Das Löffelmaterial scheint keinen Einfluss auf die Haftintensität zu haben (59). Außerdem ist darauf zu achten, dass das Adhäsiv in dünner Schicht aufgetragen wird (31) und vor der Beschickung mit der Abformmasse nicht mit Speichel in Berührung kommt. Mindestens fünf Minuten Trocknungszeit sind hierbei erforderlich. Auch nach mehreren Stunden ist die Wirkung des Haftlacks noch zuverlässig (7, 27). Löffel mit zusätzlichen Retentionen wirken sich positiv auf den Halt des Abformmaterials am Löffel aus (21, 27, 59). Durch den festen Verbund des Abformmaterials mit der Löffelwand wird das Material gezwungen, auf den Löffel aufzuschrumpfen (31).

Ein weiterer wichtiger Faktor zur Beurteilung von Abformmassen ist das Rückstellungsvermögen nach Stauchung. Dieses erlangt beim Entfernen der Abformung aus dem Munde des Patienten Bedeutung, da das Material dabei im Bereich von Unterschnitten gestaucht wird.

Wie alle realen Werkstoffe, so zeigen auch die gummielastischen Materialien kein ideal-elastisches Verhalten. Nach elastischer Deformation verbleibt nach Rückstellung des Abformmaterials ein Deformationsrest (34). Im allgemeinen sollten Abformmassen nicht mehr als 30% gestaucht werden, um diese Fehlerquelle in klinisch akzeptablem Rahmen zu halten (32). Die Schichtdicke des Abformmaterials sollte also im Bereich der Unterschnitte mindestens das Doppelte des Unterschnittes betragen (31).

Bereits mit dem Anmischvorgang beginnt die Vernetzungsreaktion der Elastomere, woraus die nächste Fehlerquelle resultiert. Es sind bereits beim Einbringen der Abformmasse in den Mund des Patienten elastische Bezirke innerhalb des Abformmaterials vorhanden, die während des Einbringens elastisch deformiert werden. Die Rückstellungen dieser Spannungen sind wegen der schnell zunehmenden Vernetzung des Stoffes nicht vollständig. Es bilden sich endogene Spannungen, die sich erst nach Entfernen der Abformung lösen und dadurch Verzerrungen der Lumina bewirken (31). Im Augenblick der Abformung sollte der Vernetzungsgrad also so gering wie möglich gehalten werden, um diese in möglichst kleinem Rahmen zu halten (32).

Desweiteren ist das zu frühe Entfernen der Abformung eine nicht zu unterschätzende Fehlerquelle. Es ist folglich darauf zu achten, dass geringstenfalls die Mindestzeiten der Hersteller eingehalten werden (31).

3.2.2 Polyvinylsiloxane

Bei der Abbindereaktion von Polyvinylsiloxanen kommt es zu einer kondensatfreien Additionsreaktion der einzelnen Komponenten. Es reagieren dabei endständige Vinylgruppen mit seitlichen SiH-Gruppen der anderen Komponente zu Polyvinylsiloxan. Diese Reaktion wird durch Anwesenheit einer organischen Platinverbindung katalysiert, wodurch sich Ethylbrücken zwischen den einzelnen Silikonmolekülen bilden (18, 33). Diese Reaktion kann durch Latexpartikel inhibiert werden, wodurch es zu einer Störung der Vernetzungsreaktion kommen kann (33, 37, 38, 44). Die Gesamtkontraktion bewegt sich in den linearen Größenordnungen von 0,2% bei Polyvinylsiloxanen (59). Hierbei ist sowohl die Schrumpfung durch die thermische als auch durch die Abbindekonztraktion berücksichtigt; alle Volumeneffekte nehmen mit steigendem Füllstoffgehalt ab (35).

3.2.3 Polyether

Ausgangsprodukt der Polyether ist ein Copolymerisat aus Ethylenoxid und Tetrahydrofuran. Es kommt zu einer Additionsreaktion unter Ringöffnung der beiden Heterozyklen zu linearen Makromolekülen. Danach schließt sich die Veresterung der entstandenen endständigen OH-Gruppen mit einer Säure an. Durch katalytische Gegenwart von Säuren kommt es zur Polyaddition mit dem sehr reaktionsfreudigen Ethylenimin (33). Polyethergummis stellen wie auch die Polyvinylsiloxane die präzisesten Abformmaterialien dar (61). Die verbleibende Rückstellung nach Deformation ist bei Polyethern etwas höher als die der Polyvinylsiloxane anzulegen (62). Allgemein sind die physikalischen Eigenschaften der Polyethergummis denen der Polyvinylsiloxane leicht unterlegen, was sich klinisch allerdings kaum auswirkt (62).

3.3 *Abformtechniken*

3.3.1 Vorbemerkung

Die Genauigkeit zahnärztlicher Abformungen wird sowohl durch die Abformmethode als auch durch das dazu verwendete Material bestimmt (25).

3.3.2 Einphasentechnik

Bei der Einphasentechnik wird einzzeitig ein Abformmaterial mit nur einer Konsistenz verwandt. Verwendung finden bei dieser Technik eher Materialien dünnflüssiger Konsistenz. Hierauf begründet sich die Forderung nach der Verwendung individueller Löffel (31). Aufgrund der geringen Viskosität ist die Verwendung individueller Löffel klinisch vertretbar, auch wenn ihnen der Nachteil der geringeren Starrheit anhaftet. Bei Herstellung von individuellen Löffeln kann eine gleichmäßige Schichtstärke des Abformstoffes erreicht werden, die sich positiv auf die Abformgenauigkeit auswirkt und daher von vielen Autoren empfohlen wird (1, 3, 5, 27, 30, 55, 61). Bei der Abformung mit der Einphasentechnik wird zuerst am präparierten Zahn selbst das Material mit der Spritze appliziert und dann der mit derselben Abformmasse beschickte Löffel über die Zähne gestülpt. Allgemein gesagt werden durch einzzeitige Abformmethoden wie die Einphasenabformung, aber auch die folgend beschriebene Doppelmischabformung originalgetreue Stümpfe erreicht, während die später erklärte Korrekturabformung verkleinerte und deformierte Stümpfe ergibt (11).

3.3.3 Doppelmischtechnik

Die Methode der Doppelmischtechnik beschreibt ein einzeitiges aber zweiphasiges Verfahren. Hierbei kommt ein hochvisköses Material in Kombination mit einem niedrigviskösen Material zum Einsatz. Dieses Verfahren erfordert ein gut abgestimmtes Team von Zahnarzt und Helfer. Während das Material mit der dünnfließenden Konsistenz aus der Spritze des Dispensers am Zahn appliziert wird, beschickt der Helfer den Löffel mit dem hochviskösen Material. Anschließend wird der Löffel sofort nachgeschoben, so dass die Materialien gleichzeitig aushärten können (31). Mit dieser einzeitigen Methode ist eine Zeitersparnis verbunden. Generell kann gesagt werden, dass Doppelmisch- und Einphasenabformungen geringere Fehler als die im folgenden beschriebenen Korrekturabformungen haben (2, 24). Der Grund hierfür ist im Verdrängungseffekt, den die Korrekturmasse bei der Zweitabformung auf das Erstmaterial ausübt, zu suchen (2). Nachteil dieser Methode gegenüber der Korrekturabformung ist jedoch der fehlende Stempeldruck, wodurch es häufiger zu Fließfalten und Blasenbildung kommt (31).

3.3.4 Korrekturabformung

Der Begriff Korrekturabformung beschreibt das Vorgehen, bei dem eine Vorabformung mit einem dünnfließenden Material korrigiert bzw. präzisiert wird (32). Es handelt sich um ein zweizeitiges und zweiphasiges Verfahren, welches zeitintensiver ist als die unter 3.3.2 und 3.3.3 beschriebenen Verfahren. Mit einem hochviskösen Abformmaterial wird eine Vorabformung genommen. Es folgt ein entsprechendes Beschneiden, indem alle Unterschnitte mit einem Skalpell so entfernt werden, dass alle Lumina anschließend Konusform aufweisen (32). Dies ist notwendig, um ein späteres Replazieren zu ermöglichen. Zusätzlich ist das Anlegen von keilförmigen Abflussrillen im bukkalen und oralen Bereich der Abformung obligat. Es wird dadurch bewiesenermaßen eine höhere Abformgenauigkeit erreicht (1, 23, 25, 26). In der zweiten Phase werden dann die präparierten Zähne mit einem niedrigviskösen Material umspritzt und die ebenfalls mit dünnfließenden Material beschickte Vorabformung wieder in situ gebracht. Es darf nur über wenige Sekunden Druck ausgeübt werden, um eine elastische Rückstellung des Erstmaterials zu ermöglichen, bevor das Korrekturmaterial auszuhärten beginnt (32). Durch Ausübung von manuellem Druck wird die Verteilung des Korrekturmaterials im Vorabdruck in dünner, gleichmäßiger Schicht ermöglicht. Gegenüber der ursprüngli-

chen Form kommt es dabei allerdings immer zu einer vertikalen Versetzung (31, 32). Außerdem werden die Kronenstümpfe - methodisch bedingt - stets zu klein wiedergegebenen (11, 23). Ein Vorteil dieser Methode ist allerdings der hohe Stempeldruck, der beim Replazieren der Vorabformung entsteht und dadurch das dünnfließende Material in den Sulcus presst, wodurch die bevorzugte Verwendung bei Abformungen infragingival liegender Präparationsgrenzen liegt erklärt ist (22).

3.4 Abformlöffel

3.4.1 Allgemein

Neben den in der Einleitung angesprochenen Bereichen ist im speziellen das Material des Löffels von entscheidender Bedeutung. Nach *Schwickerath* führt die vom Behandler beim Abformen angewandte Kraft einerseits zu einer Kompression der Weichgewebe und andererseits zur Beanspruchung des jeweils verwendeten Abformlöffels in Form einer Verformung und folgend nach Entnahme aus dem Munde durch elastische Rückstellungseffekte bedingten Verzerrung der Abformung (47). Die Art der Verformung des Löffels wird durch Löffelmaterial und -form bzw. durch dessen Abmessungen bedingt. Das Löffelmaterial ist durch das Elastizitätsmodul als physikalische Größe charakterisiert. Die verschiedenen Elastizitätsmoduli des Löffels und des Abformmaterials sowie die verschiedenen Schichtdicken der jeweiligen Materialien nehmen somit entscheidenden Einfluss auf die absolute Verformung des Löffels. Die Elastizitätsmoduli der Löffelmaterialien Stahl und Kunststoff verhalten sich etwa wie 70:1, was durch eine größer dimensionierte Wandstärke des Löffelmaterials nicht ausgeglichen werden kann. Die unterschiedliche Steifigkeit der Abformlöffel zeigt sich von großem Einfluss auf die Genauigkeit der resultierenden Modelle (47). Demzufolge führt die größere Verformbarkeit der Kunststofflöffel während der Abformung, die sich in einer größeren Ausweitung der Abformung manifestiert, durch die bereits beschriebenen elastischen Rückstellungseffekte nach Entnahme zu deutlich stärkeren Abweichungen des resultierenden Modells im Vergleich zum abgeformten Modell (47). Aus diesen Gründen ist eine möglichst große Steifheit des Löffels zu fordern (1, 27, 32, 48), wie dies bei konfektionierten Metalllöffeln und ausreichend dimensionierten (d. h. Wandstärken von 3-4mm (16, 47, 48)) individuellen Löffeln der Fall ist. Auch die Schichtdicke des Abformmaterials ist von Bedeutung. Es sollte eine möglichst gleichmäßige Schichtdicke erreicht werden, die mindestens 2-4 mm (1, 3, 27, 55), im Bereich von Unterschnitten mindestens das Doppelte des Unterschnittes betragen soll

(31). Es wird damit eine zu starke Stauchung des Abformmaterials bei Entfernung der Abformung aus dem Munde des Patienten verhindert. Umgekehrt darf nicht der Fehler gemacht werden, bei der Auswahl der Löffel stets zu große Abformträger zu verwenden. Da Abformmaterialien einer Volumenänderung unterliegen, ist es einzusehen, dass diese bei größerer Schichtstärke zunehmen und somit eine größere Ungenauigkeit die Folge ist (30).

Generell hat sich die Vorgehensweise eingebürgert, bei der sich nach Abformung des gesamten Zahnbogens der präparierten Zähne die Abformung des Gegenkiefers und eine Handbissnahme anschließt. Bei Verwendung des Dual-Arch-Systems sind diese Behandlungsschritte bereits bei der Abformung integriert, welches sich nach Meinung einiger Autoren als großer Vorteil herausgestellt hat (17, 39, 40, 50, 54). Dies ist in der Gestaltung des Abformträgers begründet, der den Kieferschluss des Patienten ermöglicht. Es handelt sich allerdings nicht um verwindungssteife und starre Löffel, wie sie in der Literatur immer wieder gefordert werden (1, 27, 32, 47, 48).

3.4.2 Individuelle Löffel

Zur Anwendung kommen individuelle Löffel für die Abformung mit Elastomeren zur Herstellung eines Modells mit hoher Präzision. Dagegen ist die Verwendung solcher Löffel bei Gebrauch zähplastischer Materialien zur Abformung nicht zulässig (41). Dies ist in der unzureichenden Formstabilität der individuellen Löffelmaterialien begründet, welche beim Einsatz von Elastomeren nur in geringem Maße zum Tragen kommt. Die bei der Abformung notwendige Kraft ist abhängig vom verwendeten Abformmaterial. Insbesondere ist die Viskosität des Materials beim Einbringen in den Mund ausschlaggebend (48); diese ist bei Elastomeren entscheidend geringer, als dies bei zähplastischen Materialien der Fall ist. Nach heutigen Erkenntnissen sind folgende Anforderungen an einen herkömmlichen individuellen Abformlöffel in Hinsicht auf das Abformergebnis zu stellen (55, 60):

- Formstabilität an der Luft und im feuchten Milieu
- Feuchtigkeitsresistenz
- Starrheit, d.h. hohes Elastizitätsmodul
- Intensive und dauerhafte Haftung des Abformmaterials am Löffel
- Zeitlich definierte und begrenzte Volumenveränderung
- Gleichmäßig, steuerbare Schichtdicke der Abformmaterialien

Die hier verwendeten lichthärtenden Löffelkunststoffe können diese Anforderungen weitgehend erfüllen (55). Im Gegensatz dazu ist dies mit der Verwendung von thermoplastischen Materialien oder mit im Tiefziehverfahren hergestellten Löffel nicht zu erreichen (55). Auch im Vergleich zu autopolymerisierenden Kunststoffen schneiden die lichthärtenden Materialien in Bezug auf die Steifigkeit und Herstellungsaufwand besser ab (8). Auch die 24-Stunden-Lagerzeit ist bei Einsatz von lichthärtenden Kunststoffen nicht erforderlich. Ferner ist die vereinfachte Verarbeitung ohne Monomer, bei der ein individueller Löffel in aller Ruhe angefertigt werden kann, positiv zu nennen (55). Auch der günstige Kostenfaktor der lichthärtenden Materialien sollte nicht unerwähnt bleiben (8).

3.4 Modellwerkstoffe

Nach wie vor ist Superhartgips Typ IV bei feststehendem Zahnersatz das Modellmaterial der Wahl (21). Ein wichtiger Grundsatz bei der Verarbeitung dieser Gipse ist die genaueste Beachtung der Herstellerhinweise, da Spezialhartgipse sehr empfindlich auf Änderungen bei der Verarbeitung reagieren. Ungezielte Änderungen der vom Hersteller vorgegebenen Verarbeitungsrichtlinien sollten vermieden werden (14, 21). Für den Anmischvorgang sollte ein Vakuumanrührgerät verwendet werden, um eine möglichst geringe Lufteinmischung in den Gips zu erzielen und damit die Porenzahl und -größe gering zu halten. Ein Wässern des Modells sollte unterbleiben, da dies eine Vergrößerung derselben zur Folge hätte (14).

Das Material unterliegt nach Verarbeitung mehreren Volumenveränderungen, welche die Genauigkeit der Meistermodelle beeinflussen. Dentalgipse des wie hier verwendeten Typs IV erreichen ihre maximale Expansion in etwa 24 Stunden nach der Abbindereaktion. Im Anschluss daran beginnt die Schrumpfungsphase, in der sich das Modell wieder auf ein Drittel der maximalen Expansion verringert. Dies vollzieht sich im Zeitraum von etwa sechs Tagen, bis das Gipsmodell schließlich seine Enddimension erreicht (13, 14, 33). Absolut betrachtet verbleibt am Ende der Expansions- und Schrumpfungsvorgänge eine Vergrößerung der Gipsmodelle gegenüber dem ursprünglichen Modell (14, 25, 28). Die geringe Gesamtexpansion von nur noch 0,06% linear bei Spezialhartgipsen wird durch chemische Zusätze erreicht (33). Die Gesamtexpansion der Gipse des Typs IV der DIN-Norm 13911 darf maximal 0,15% linear betragen (31).

3.5 Methoden zur Untersuchung des Dimensionsverhaltens von Abformmaterialien

In der Literatur sind viele Untersuchungen über das Dimensionsverhalten von Abformmaterialien bekannt (11, 23, 24, 61, 62, 35). In den meisten Fällen wurden Prüfkörper oder ein Urmodell mehrmals abgeformt und die erhaltenen Gipsmodelle vermessen. Bei diesem Verfahren handelt es sich allerdings um eine indirekte Methode, weil nicht die Abformung direkt vermessen wird. Der Vorteil liegt jedoch darin, dass es sich bei Gipsmodellen um haltbare und feste Gegenstände handelt, die eine Bestimmung der Dimension vereinfachen. Außerdem ist dies das übliche Vorgehen zur Herstellung einer festsitzenden Restauration und damit eng mit dem klinischen Ablauf verbunden.

In der Literatur sind mehrere Ansätze zur Bestimmung von Dimensionsveränderungen verwandt worden. Einige Autoren bedienen sich eines Messmakroskops zur optischen Vermessung der Modelle (25). Dabei ist es möglich beliebig viele Messpunkte innerhalb des Modells anzupeilen. Dazu ist ein Fadenkreuz im optischen Apparat des Mikroskops integriert, welches das Anpeilen von Referenzkerben oder anderen Strukturen innerhalb des Modells ermöglicht. Mit Hilfe von an den Messtisch angeschlossenen Messuhren ist es dann möglich, die Koordinaten (x/y) dieser Punkte zu erhalten und weiterzuverwerten. Dadurch können die Abstände der einzelnen Punkte untereinander bestimmt und dann im Vergleich zum Urmodell betrachtet werden.

Eine weitere Methode, die jedoch weniger Möglichkeiten bietet, stellt die Vermessung mittels Schieblehre dar (11). Dabei ist es allerdings nur möglich, die transversale Dimension einzelner Stümpfe zu messen; die Abstandsberechnung einzelner Stümpfe zueinander ist hierbei nicht möglich. Außerdem bietet dieses System eine geringere Messgenauigkeit und einen stark eingeschränkten Bereich bei Modellvermessungen.

Desweiteren ist die Vergleichsmikroskopie, wie sie in der Kriminalistik angewendet wird, zu erwähnen. Es kann dabei ein direkter Vergleich von Zahnstumpf und Modell mit Hilfe eines Auflichtmikroskops, das mit zwei Objektischen verbunden ist angestellt werden. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass diese Methode Schwächen zeigt. Bei der Untersuchung von *Freesmeyer und Mitarbeitern* war eine hohe Standardabweichung aufgefallen, so dass keine signifikanten Unterschiede herausgearbeitet werden konnten. Die Ursache hierfür liegt in der

schwierigen räumlichen Ausrichtung der Stümpfe zueinander sowie in der Auswertung durch ein fotografisches Positiv (15).

Wichmann und Mitarbeiter benutzten eine 3D-Koordinatenmessmaschine zur Bestimmung der Abformgenauigkeit (53). Dabei wurden die Stümpfe des Urmodells mit Hilfe eines Messkopfes ertastet. Dies geschah sowohl auf der Okklusalfäche des Zahnes, woraus Höhenprofile erstellt wurden, als auch zirkulär, wodurch die Stumpfdurchmesser und –abstände abgeleitet wurden. Die Reproduktionsgenauigkeit des Messverfahrens betrug 3 bis 5µm.

4 Material und Methoden

4.1 Getestete Abformmaterialien

Zur Untersuchung des Dimensionsverhaltens von Abformmaterialien unter Verwendung verschiedener Löffel wurden die in der Tabelle aufgelisteten Abformmaterialien und Verfahren angewandt. Volumen- und Formverhalten von elastischen Abformstoffen sind Fakten, die die Präzision von Modellen maßgeblich beeinflussen (58). Polyethergummi und Vinylpolysiloxane zählen zu den präzisesten Abformmaterialien (61). Infolgedessen wurden im Rahmen dieser Arbeit diese Massen verwendet. Pro Serie wurden jeweils 10 Abformungen durchgeführt. Die insgesamt 130 Situationsmodelle wurden dann jeweils mit Spezialhartgips Typ IV hergestellt.

Serie	Produkt	Stoffklasse	Hersteller	Methode	Löffelart
1	Dimension Penta H Quick /Dimension Garant L	Polyvinylsiloxan	ESPE, Seefeld	Doppelmisch	Dual-Arch Kunststoff
2	Dimension Penta H Quick /Dimension Garant L	Polyvinylsiloxan	ESPE, Seefeld	Doppelmisch	Dual-Arch Metall
3	Panasil putty soft /Panasil contact plus	Polyvinylsiloxan	Kettenbach Eschenburg	Doppelmisch	Dual-Arch Kunststoff
4	Panasil putty soft /Panasil contact plus	Polyvinylsiloxan	Kettenbach Eschenburg	Doppelmisch	Dual-Arch Metall
5	Honigum Mixstar Mono	Polyvinylsiloxan in Wachsmatrix	DMG-Hamburg	Einphasen	Dual-Arch Kunststoff
6	Honigum Mixstar Mono	Polyvinylsiloxan in Wachsmatrix	DMG-Hamburg	Einphasen	Dual-Arch Metall

7	Impregum Penta	Polyether	ESPE, Seefeld	Einphasen	Dual-Arch Kunststoff
8	Impregum Penta	Polyether	ESPE, Seefeld	Einphasen	Dual-Arch Metall
9	Dimension Penta H Quick /Dimension Garant L	Polyvinylsiloxan	ESPE, Seefeld	Doppelmisch	Schreinemakers
10	Dimension Penta H Quick /Dimension Garant L	Polyvinylsiloxan	ESPE, Seefeld	Korrektur	Schreinemakers
11	Impregum Penta	Polyether	ESPE, Seefeld	Einphasen	individueller Löffel
12	Panasil putty soft /Panasil contact plus	Polyvinylsiloxan	Kettenbach Eschenburg	Doppelmisch	Schreinemakers
13	Honigum Mixstar Mono	Polyvinylsiloxan in Wachsmatrix	DMG- Hamburg	Einphasen	individueller Löffel

Tab. 4.1 Verwendete Materialien, Löffel und Techniken

Die Kombination von einem zähplastischen Abformmaterial mit einem elastischen Löffel (Serie 3 und 4) wurde mit in die Untersuchungen eingebracht, um die Grenzen dieses Systems auszuloten. Nach allgemein geltenden Meinungen bezüglich dieser Kombination war die Erwartung jedoch, dass dabei schlechtere Ergebnisse bezüglich der Dimensionstreuung resultieren.

Serie	Produkt	Charge-Nr. Basismaterial	Charge-Nr. Katalysator	Charge-Nr. niedrigvisk. Mat.
1	Dimension Penta H Quick /Dimension Garant L	Lot 045	Lot 012	B 022 / C 022
2	Dimension Penta H Quick /Dimension Garant L	Lot 075	Lot 013	B 022 / C 022
3	Panasil putty soft /Panasil contact plus	PSB 9499	PSH 9499	00231
4	Panasil putty soft /Panasil contact plus	PSB 9499	PSH 9499	00231
5	Honigum Mixstar Mono	Lot 00090026	Lot 00090026	
6	Honigum Mixstar Mono	Lot 00090026	Lot 00090026	
7	Impregum Penta	Lot C15	Lot N17	
8	Impregum Penta	Lot C68	Lot N32	
9	Dimension Penta H Quick /Dimension Garant L	Lot 045	Lot 012	B 022 / C022
10	Dimension Penta H Quick /Dimension Garant L	Lot 075	Lot 013	B 022 / C022
11	Impregum Penta	Lot N17	Lot C15	
12	Panasil putty soft /Panasil contact plus	PSB 9700	PSH 9700	1899
13	Honigum Mixstar Mono	Lot 00090026	Lot 00090026	

Tab. 4.2 Die Produktionsnummern der verwendeten Abformmaterialien

4.2 *Das Urmodell*

Alle Abformungen wurden von einem Urmodell genommen, welches eigens für diese Untersuchungen hergestellt wurde.

Als Urmodell fand ein umgearbeitetes Unterkiefer-Frasako-Modell Verwendung (Abb. 4.1). Die für die Abformung relevanten Zähne des 4. Quadranten waren in Metall gestaltet und direkt über Metallblöcke auf eine Metallplatte geschraubt. Der Fehler durch thermische Veränderungen wie bei einem Kunststoff-Modell wurden dadurch wesentlich verringert.



Abb. 4.1

Das Urmodell

Das Urmodell wurde mit drei in Stahl überführten präparierten Zähnen bestückt, wobei an Zahn 45 eine Teilkronen-, an 46 eine Inlay- und an 47 eine Kronenpräparation durchgeführt wurde. Zusätzlich wurden an diesen präparierten Zähnen kleine Kerben als Referenzpunkte eingefräßt (Abb. 4.2). In den Vorversuchen stellte sich heraus, dass diese eingefräßten Kerben sehr gut abzuformen und im Situationsmodell gut erkennbar sind. Anhand dieser Kerben war es möglich das Modell sehr genau zu vermessen.



Abb. 4.2 Präparierte Zähne mit Referenzkerben (teilweise mit Pfeilen gekennzeichnet)

Die Zähne 41, 42, 43, 44 und 48 wurden ebenfalls in Stahl überführt. Bei den Zähnen 31 bis 38 handelte es sich um Kunststoff-Frasako Zähne, welche durch Einpolymerisieren fest mit dem Kunststoff verbunden waren. Die Stahlzähne 41 bis 48 wurden mit einem Gewinde im Wurzelbereich der Zähne bestückt, welches mit Kunststoff fixiert war. Die Zähne waren durch Verschraubung fest mit eigens angefertigten Metallblöcken verbunden. Die Blöcke waren so gestaltet, dass eine Umfassung im Bereich der Wurzel für jeden einzelnen Zahn bestand. Damit war eine exakte Führung und völlig starre Verbindung von Zahn und Metallblock möglich. Zusätzlich bestand eine Öffnung für die Gewinde am Boden des Blockes, um eine Verschraubung am Metallblock zu ermöglichen. Die Metallblöcke mit den fixierten Stahlzähnen waren auf eine Metallplatte montiert, wobei die präparierten Zähne 45, 46 und 47 herausnehmbar gestaltet wurden. Die Gingiva wurde mit farblosem **Palapress**^{*} gestaltet, worin zusätzlich die Kunststoffzähne 31 bis 38 fixiert wurden.

^{*} Heraeus Kulzer GmbH & Co. KG, Wehrheim/Ts.

MATERIAL UND METHODEN

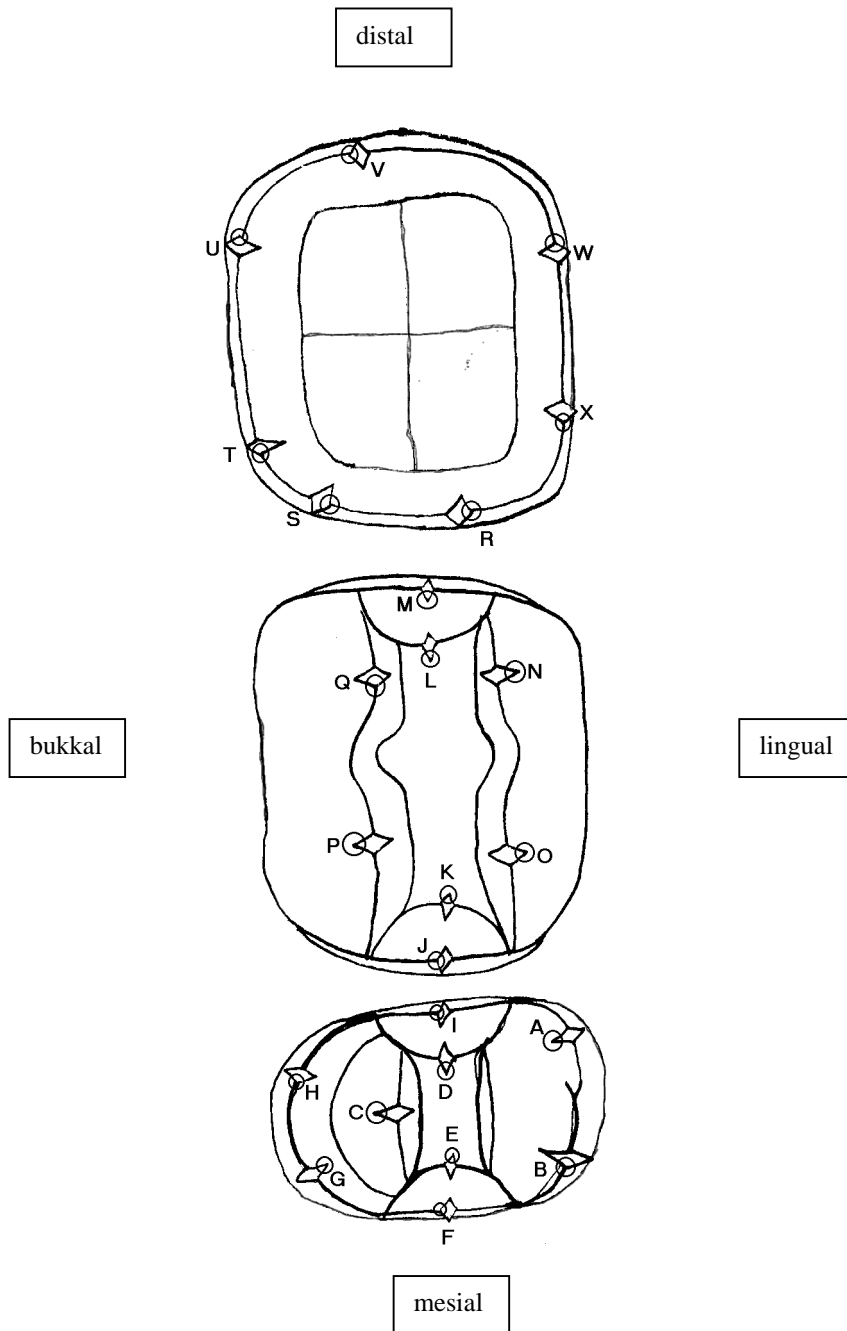


Abb. 4.3 Schemazeichnung der präparierten Zähne mit Referenzkerben

Der Gegenkiefer bestand aus 16 Kunststoff-Frasako-Zähnen, welche in farblosem **Palapress** fixiert wurden und jeweils mit einer Schraube auf eine Metallplatte geschraubt wurden.

Es wurde eine optimale Okklusion zum Gegenkiefer eingeschliffen und das Modell mit herausnehmbaren Sockeln in einen **SAM-Artikulator*** gebracht.

4.3 *Verwendete Löffel*

In der Studie fanden zum einen Tiple-Tray-III-Abformträger der Firma **Premier Dental Products Co.** aus Kunststoff und zum anderen Dual-Arch Metall-Abformträger der Firma **Temrex** Verwendung (Abb. 4.4). Desweiteren kamen Schreinemakers und individuelle Löffel zum Einsatz.

4.3.1 Dual-Arch Metall-Abformträger

Bite relator 2000 XI, Temrex, U.S. Pat. No. 4,449,927

Der Dual-Arch Metall-Abformträger ist derart gestaltet, dass es möglich ist, Ober- und Unterkiefer gleichzeitig abzuformen. Er besteht aus rostfreiem Stahl, der für alle Quadranten verwendbar ist. Es handelt sich um eine U-Form mit Griff, wobei bei der Abformung die Schlaufe des U's distal um die Zähne greift. Zusätzlich wird ein Halter mit einer Membran eingebracht. Durch die leichte Spannung des Metallhalters wird die Membran gespannt. Der Abformträger ist jedoch nicht verwindungssteif. Mit Hilfe dieses Verfahrens werden Ober- und Unterkiefer gleichzeitig abgeformt. Die dünne Membran verbleibt zwischen den Zähnen beider Kiefer. Zusätzlich werden dadurch Ober- und Unterkiefer in zentraler Relation durch das Abformmaterial verschlüsselt. Der Abformträger ist mehrmals verwendbar und lässt sich sterilisieren. Membranen mit Halter, welche in den Metallabformträger eingeschoben werden sind hingegen Einmalartikel.

4.3.2 Dual-Arch Kunststoff-Abformträger

Triple-Tray Abformträger der Premier Dental Products Co., USA

Der Dual-Arch Kunststoff-Abformträger ist derart gestaltet, dass es möglich ist, Ober- und Unterkiefer gleichzeitig abzuformen. Es sind verschiedene Versionen dieser Löffelart erhältlich: „Backenzahn-, Frontzahn-, Quadranten und Dreiviertellöffel“ (Bezeichnungen des Her-

* SAM, München

stellers). Desweiteren sind wandlose „Backenzahn- und verlängerte Quadrantenlöffel“ lieferbar. Hier kamen die „Backenzahnlöffel“ zur Verwendung. Auch die Kunststoff Dual-Arch Abformträger sind nicht verwindungssteif. Das Elastizitätsmodul ist noch geringer als das der Metall-Version; die Form entspricht der von Metall Dual-Arch Abformträgern. Allerdings handelt es sich hierbei um Einmallöffel, bei denen die Membran fest mit dem Kunststoff-U-Bügel verschweißt ist. Ein Griff zum erleichterten Einbringen in den Mund des Patienten ist an jedem der verschiedenen Modelle vorhanden. Die Dual-Arch Abformträger des Herstellers Premier werden auch als Triple-Tray Abformträger bezeichnet. In der Literatur werden die Begriffe Triple-Tray und Dual-Arch häufig synonym verwandt.



Abb. 4.4 Dual-Arch Abformträger in Kunststoff- und Metall-Version

4.3.3 Schreinemakers-Löffel

Es handelt sich hierbei um herkömmliche verchromte Messinglöffel der Größe 51. Es war gewährleistet, dass die Stärke des Abformmaterials im Bereich der Unterschnitte mindestens dreimal so groß war wie die Tiefe der Unterschnitte. Damit kommt es maximal zu einer 30%igen Stauchung des Abformmaterials (32).

4.3.4 Individuelle Löffel

Zur Herstellung der individuellen Löffel wurde das Material **Palatray XL*** verwendet. Eine gleichmäßige Schichtdicke des Abformmaterials von 2-4 mm und eine ausreichende Wandstärke des Löffels von mindestens 3 mm war gewährleistet. Dies entspricht den in der Literatur angegebenen Werten (1, 3, 27, 47, 48, 55, 61). Die Löffel wurden nach Herstellung mindestens 24 Stunden gelagert.

Verwendung fanden individuelle Löffel nur bei den Einphasen-Materialien **Impregum** und **Honigum**, da zähplastische Materialien nicht mit individuellen Löffeln abgeformt werden dürfen (41).

4.4 Verwendete Adhäsive

Um eine Verbesserung der Haftung des Abformmaterials am Löffel zu erreichen, wurden die in folgender Tabelle aufgelisteten Adhäsive verwendet:

Adhäsive	Hersteller	Abformmaterial
Panasil Adhäsiv	Kettenbach	Panasil
Universal Adhäsiv	Bayer	Dimension, Honigum
Polyether Adhäsiv	ESPE	Impregum

Tab. 4.3 Verwendete Adhäsive

Entscheidend für den Haftverbund zwischen Adhäsiv und Löffel ist die produktspezifische Verwendung des Adhäsivs bei den jeweiligen Abformmaterialien. Der Haftlack wurde sowohl auf die Löffelinnenseite, als auch auf die Löffelränder aufgetragen und eine Trocknungszeit von mindestens fünf Minuten eingehalten.

* Heraeus Kulzer GmbH & Co. KG, Wehrheim/Ts.

4.5 *Abformmethoden*

Mit Elastomeren lassen sich grundsätzlich alle Abformmethoden anwenden. Je nach Abformmethode muß jedoch ein Abformmaterial mit entsprechender Viskosität gewählt werden (61).

Es kamen die Techniken der Einphasen-, Doppelmisch- und Korrekturabformung zum Einsatz. Die verschiedenen Materialien wurden mit Hilfe der unter 4.6 beschriebenen Techniken abgeformt.

4.6 *Versuchsdurchführung*

4.6.1 Vorbemerkung

Alle Materialien wurden nach Herstellerangaben verarbeitet. Alle Abformmaterialien härteten bei Raumtemperatur in der von den Herstellern angegebenen Zeiten aus. Die Entfernung vom Urmodell geschah jeweils mit einem kurzen Ruck. Im Falle der Dual-Arch Abformträger wurde zuvor der Artikulator geöffnet.

Sämtliche Abformungen wurden auf dem Lumen liegend gelagert und frühestens nach 60 Minuten, spätestens nach drei Stunden ausgegossen. Zur Modellherstellung kam immer Superhartgips Typ IV **Fuji Rock**^{*} zur Anwendung. Die gleichbleibende Gipsqualität und Anrührmethodik entsprach einem standardisierten Verfahren nach Herstellerangabe. Hierbei wurden stets 100 g Gips mit 20 ml Aqua dest. 45 Sekunden unter Vakuum angemischt.

Zusätzlich wurden die jeweiligen Löffel vor der Abformung dünn mit dem entsprechenden Adhäsiv bestrichen, um einen optimalen Halt des Abformmaterials an der Löffelwand zu gewährleisten. Die Eintrocknungszeit von mindestens fünf Minuten wurde eingehalten.

Es wurden verschiedene Abformverfahren mit verschiedenen Materialien verwendet:

Dimension Penta H Quick und **Panasil putty soft** wurden mit der Doppelmischmethode abgeformt. Bei dieser Abformmethode wurden jeweils Schreinemakers Löffel bzw. Dual-Arch Metall- und Dual-Arch Kunststofflöffel verwendet. **Dimension Penta H Quick** bei

^{*} GC-Corp., Tokyo, Japan

Verwendung von Schreinemakers Löffeln zusätzlich mit der Korrekturabformung. Eine Korrekturabformung mit Dual-Arch Abformträgern ist nicht sinnvoll.

Impregum und **Honigum** wurden mit der Technik der Einphasenabformung verwandt. Bei Abformung des gesamten Zahnbogens wurden individuelle Löffel eingesetzt, ansonsten kamen die Dual-Arch Abformträger Metall und Kunststoff zu Anwendung.

Der Anmischvorgang erfolgte bei **Dimension Penta H Quick** und **Impregum** mit Hilfe des Pentamixgeräts, wobei das Material zum Umspritzen der Präparationsstümpfe bei **Impregum** ebenfalls durch den Gebrauch des Pentamixgeräts erfolgte. Dazu wurde zuerst die auf die Mischdüse aufgesetzte Spritze gefüllt und beiseite gelegt. Im Anschluss daran wurde bei Abformung des gesamten Zahnbogens der individuelle Löffel gefüllt, bei Anwendung der Dual-Arch Abformträger beide Seiten des feinen Netzes. Anschließend wurden die Präparationsstümpfe umspritzt. Bei Anwendung von **Dimension Penta H Quick** kam zum Umspritzen der Stümpfe das niedrigvisköse **Dimension Garant L** zur Anwendung, welches auf das vorher in den Schreinemakers Löffel bzw. den Dual-Arch Metall- oder Dual-Arch Kunststofflöffel eingebrachte hochvisköse Material appliziert wurde. Der Anmischvorgang wurde bei diesem System durch einen mechanischen Dispenser (Mischpistole) gewährleistet. Abschließend wurde der jeweilige Löffel auf dem Modell plaziert. Bei Gebrauch der Dual-Arch Abformträger erfolgte dann das Schließen des Artikulators bis zum Kontakt des Stützstiftes mit der Metallplatte (siehe auch Abb. 4.5).

Bei Anwendung des Materials **Dimension Penta H Quick** wurde zusätzlich die Technik der Korrekturabformung durchgeführt. Hierbei wurde die Vorabformung unter Verwendung des hochviskösen Materials durchgeführt. Nach der vom Hersteller angegebenen Zeit wurde die Abformung vom Modell entfernt. Es folgte das Beschneiden derselben. Dabei wurden alle Unterschnitte mit einem Skalpell beseitigt. Gleichmaßen wurden die Interdentalsepten entfernt und bukkal und lingual keilförmige Abflussrillen angelegt. Im Anschluss daran wurde die Abformung mit dem dünnfließenden Material präzisiert. Dabei wurden zunächst die präparierten Stümpfe umspritzt und anschließend etwas Material auf die Vorabformung abgegeben. Nach sofortigem Replazieren wurde fünf Sekunden lang manuell Druck auf die Abformung gegeben, um eine möglichst gleichmäßige dünne Schicht des Korrekturmateri als zu erreichen. Nach vorschriftsmäßiger Abbindezeit wurde die Abformung vom Urmodell genommen.

Panasil putty soft wurde manuell verarbeitet. Hierbei wurden zunächst unter Zuhilfenahme der dazugehörigen Dosierlöffel zwei gleich große Mengen Katalysator- und Basispaste abgemessen und mit den Händen vermischt. Auf das Tragen von Handschuhen wurde bewusst verzichtet, um die Vernetzungsreaktion nicht negativ zu beeinflussen (37, 38, 44). Der manuelle Anmischvorgang endete bei ausreichender Durchmischung beider Massen. Durch Verwendung unterschiedlicher Farben für Katalysator- und Basismasse wurde dieser Zeitpunkt durch eine einheitlich homogene Farbe der beiden Massen angezeigt. Anschließend wurde das durchmischte Material sofort in einer Portion auf den Schreinemakers Löffel bzw. jeweils die Hälfte ober- und unterhalb des feinen Netzes gegeben. Das Umspritzen der Präparationsstümpfe und das Applizieren auf das hochvisköse Material erfolgte, in der gleichen Weise wie bei **Dimension Garant L**, mit dünnfließendem Material **Panasil contact plus** mit Hilfe des Dispensers. Die folgenden Vorgehensweisen waren die gleichen, wie bei der Verwendung von **Impregum** und **Dimension Penta H Quick**.

Das Anmischen des Materials **Honigum** erfolgte mit dem dazugehörigen mechanischen Dispenser. Dieses Mischsystem wurde sowohl zum Umspritzen der Präparationsstümpfe als auch zum Befüllen der Löffel verwandt. Die Methodik entsprach der der anderen Materialien.

4.6.2 Durchführung der Abformung mit Hilfe der Dual-Arch Abformträger Metall und Kunststoff

Zur Abformung wurden das Unterkiefer-Urmodell und der Gegenkiefer in einen **SAM-Artikulator** eingebracht. Um eine Sperrung zu erreichen wurde eine dünne Metallplatte auf dem Stützstiftteller fixiert. Die Sperrung im Rahmen dieser Untersuchung betrug 0,3 mm. Klinisch wird dies erreicht, indem eine dünne Zinnfolie zwischen den Zahnreihen der anderen Quadranten platziert wird, um Platz für die Abformmasse zu erhalten. Andernfalls kommt es zum Durchbeißen der Abformung in den Bereichen der Kontaktpunkte. Die resultierenden Modelle des Ober- und Unterkiefers sind dann an diesen Stellen unvermeidlicherweise mit Gips verbunden. Im Bereich von Inlays liegen diese Punkte dann im Bereich der Präparationsgrenze, so dass dies nicht akzeptabel ist. Werden Kronen mit diesem System abgeformt, kann auf die Sperrung verzichtet werden. Durch die geringe Sperrung verbleibt ausreichender Platz für das feine Netz und die Abformmasse, so dass es bei Herstellung der Modelle nicht zu deren Verbund kommt.

Die Präparationsstümpfe wurden mit Abformmaterial umspritzt und der Abformträger auf beiden Seiten des Netzes mit Abformmaterial beschickt. Der Abformträger wurde dann auf die präparierten Stümpfe aufgebracht und der Artikulator bis zum Kontakt des Stützstiftes auf der Metallplatte geschlossen. Dadurch war gewährleistet, dass die Sperrung immer gleich war (Abb. 4.5).

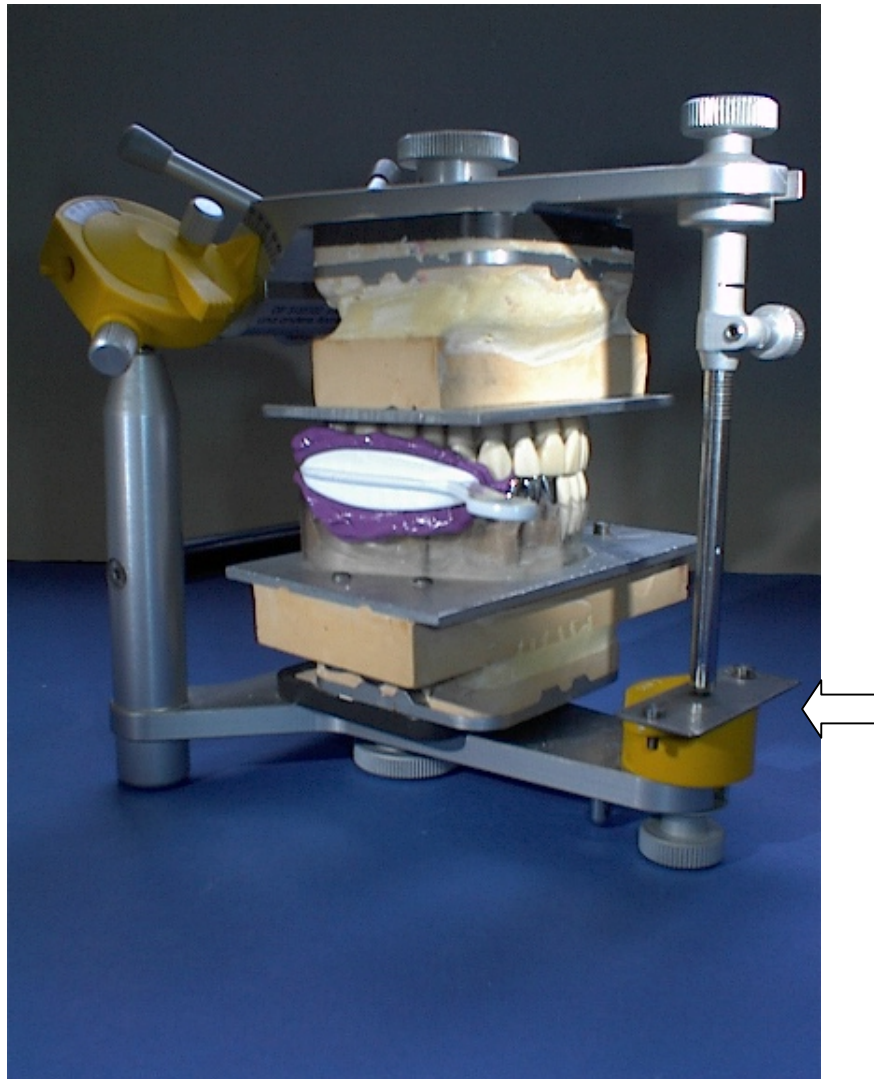


Abb. 4.5 Abformung mit Hilfe eines Dual-Arch Abformträgers – mit Sperrung (Die Pfeilspitze zeigt auf die dünne Metallplatte, durch welche die geringe Sperrung erreicht wurde)

Durch Abformung mit Hilfe des Dual-Arch-Systems wurden Ober- und Unterkiefer gleichzeitig abgeformt. Zusätzlich wurden dadurch Ober- und Unterkiefer in zentraler Relation durch das Abformmaterial verschlüsselt.



Abb. 4.6 Die fertige Abformung

4.7 Modellherstellung

Nach Mindest-Lagerzeit von einer Stunde wurden die Abformungen mit Superhartgips (Typ-IV, **Fuji-Rock**) ausgegossen. Ein exaktes Gips-Wasser-Verhältnis war, durch Verwendung einer Waage zur Abmessung des Gipses und der Verwendung von Einmalspritzen zur Abmessung des destillierten Wassers, bei allen 130 Modellen gewährleistet. Zum Anrühren des Gips-Wasser-Gemisches kam ein Vakuumanmischgerät zum Einsatz. Hierbei wurde mit einem Druck von ca. 80 mbar im Rührbecher gearbeitet. Durch dieses Vorgehen war eine relativ blasenfreie Konsistenz des Gipses beim Ausgießen gewährleistet (14). Das Ausgießen fand mit mechanischer Vibration auf einem Rüttler statt. Die Schreinemakers und die individuellen Löffel wurden in das Modelltray-System eingebracht. Die Art des Sockelns spielte im weiteren jedoch keine Rolle (Abb. 4.7). Zur Modellherstellung der Dual-Arch-Abformungen wurde zunächst der Anteil der präparierten Stümpfe, hier der 4. Quadrant, ausgegossen. Der Superhartgips wurde jeweils nach mesial und distal verlängert. Nach Aushärten des Gipses wurden Referenzkerben in die überstehenden Anteile gefräst und diese mit **Super-Sep*** isoliert. Es folgte das Ausgießen des Gegenkiefers, wobei die isolierten überstehenden Anteile ebenfalls in Gips gefasst wurden. Nach Aushärten des Gipses wurden die Modelle wieder

* Kerr GmbH

getrennt und die Abformung entfernt. Durch die Verschlüsselung über die überstehenden Anteile des Gipses waren Ober- und Unterkiefer eindeutig zueinander fixiert (Abb. 4.8).

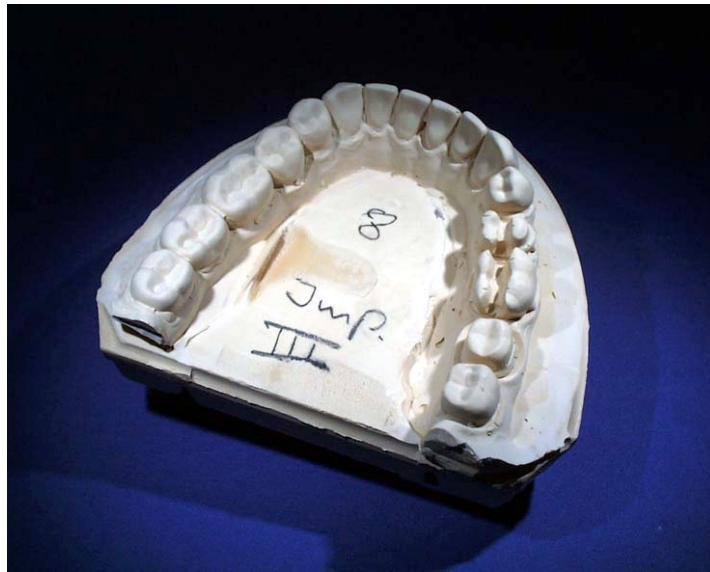


Abb. 4.7 Das fertige Gipsmodell – individueller Löffel/Schreinemakers Löffel



Abb. 4.8 Das fertige Gipsmodell – Dual-Arch

Die Entfernung des Modells aus der Abformung erfolgte frühestens eine Stunde nach dem Ausgießen. Die Gipsmodelle lagerten nach ihrer Herstellung mindestens eine Woche, um den größten Teil der Volumenveränderungen vor den Messungen durchlaufen zu lassen.

4.8 *Vermessen der Modelle*

4.8.1 Sockeln der Modelle

Alle 130 Modelle wurden vor der Vermessung gesockelt, um einer Veränderung der Messwerte durch eine unterschiedliche Aufsicht auf das jeweilige Modell zu umgehen. Dazu wurde eine eigens dafür hergestellte Sockelhilfe verwandt. Diese war derart gestaltet, dass das jeweilige Modell mit einem Gummiband fest mit einem, mit Impressionen des Unterkiefers versehenen, Konter verbunden war. Die Okklusalfächen des Modells konnten dabei genau in den Impressionen des Konters reponiert werden. Der Konter war über ein Magnetsystem mit der Apparatur verbunden, so dass die Modelle schließlich okklusal gefasst waren und in der gleichen Art und Weise mit Abformgips gesockelt werden konnten.

4.8.2 Vermessen mit Hilfe des Messmakroskops

Die Referenzpunkte wurden mit dem **Messmakroskop M420 der Firma Leica (Wetzlar)** optisch vermessen. Die Messgenauigkeit des Gerätes lag aufgrund der optischen Auflösung bei $\pm 10 \mu\text{m}$.

Zu Beginn der Messung wurde Punkt 'f' mit dem Fadenkreuz anvisiert und die Mikrometerschrauben auf Null gestellt. Die Koordinaten dieses Punktes waren damit immer $x=0$ und $y=0$. Es wurden in der Folge alle Punkte mit dem Fadenkreuz anvisiert und die Daten computergestützt protokolliert. Die Messuhren waren mit einer Interface-Box (**Mitutoyo, Neuss**) direkt mit einem Rechner zur Messdatenerfassung gekoppelt. Am Ende jeder Messung wurde nochmals Punkt 'f' angepeilt, um zu gewährleisten, dass es zu keiner Verschiebung des Modells während der Messung gekommen war. Dieser Punkt musste dann wiederum die Koordinate $x=0$ und $y=0$ aufweisen. Andernfalls wurde die Messung wiederholt (Abb. 4.9).

Auf gleiche Art und Weise wurde auch das Urmodell vermessen. Um eine Verbesserung der Genauigkeit des Urmodells zu erreichen, wurde dieses zehnmal vermessen und die erhaltenen Werte gemittelt. Diese Strecken wurden dann als Referenzstrecken betrachtet und mit den Werten der Folgemodelle verglichen. Es wurden dann jeweils die Abweichungen zu den einzelnen Stecken des Urmodells berechnet.

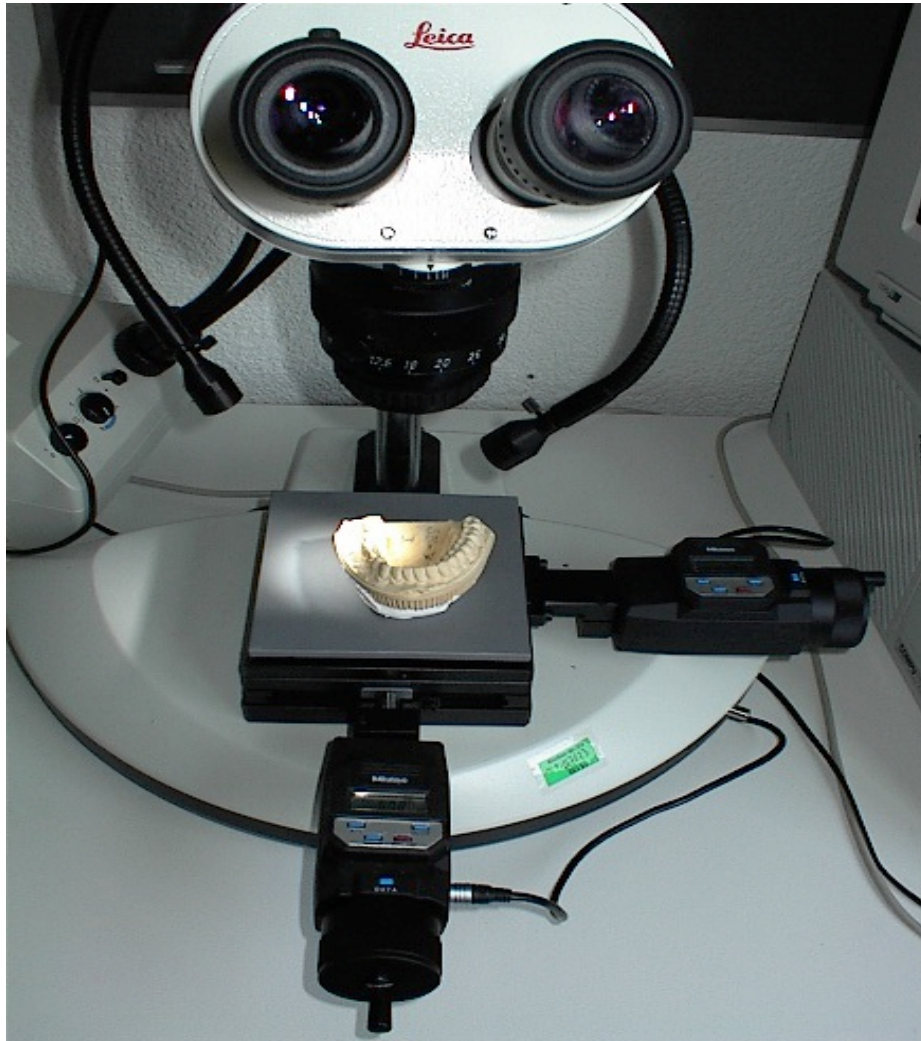


Abb. 4.9 Modell auf dem Messtisch

Insgesamt wurden vier Punkte (E, K, L und O) nicht ausgewertet, da die Reproduzierbarkeit dieser Punkte zum Urmodell nicht gegeben war. Die Betrachtung der Messstrecken erfolgte immer innerhalb eines Zahnes, so dass für jeden der drei Zähne eine separate Auswertung erfolgte.

a) **Prämolar - Teilkronenpräparation:**

Hierbei wurden zur Auswertung acht Punkte (A, B, C, D, F, G, H, I) herangezogen. Punkt E wurde aus oben genanntem Grund nicht ausgewertet. Daraus ergaben sich folgende 28 Strecken, die bei der Bewertung berücksichtigt wurden:

B	C	D	F	G	H	I	
AB	AC	AD	AF	AG	AH	AI	A
	BC	BD	BF	BG	BH	BI	B
		CD	CF	CG	CH	CI	C
			DF	DG	DH	DI	D
				FG	FH	FI	F
					GH	GI	G
						HI	H

Tab. 4.4 Verwendete Punkte und sich ergebende Messstrecken des Prämolaren

(siehe dazu Abb. 4.3 Seite 20)

b) **1. Molar - Inlaypräparation**

Hierbei wurden zur Auswertung fünf Punkte (J, M, N, P, Q) herangezogen. Punkte K, L, O wurden aus oben genanntem Grund nicht ausgewertet. Daraus ergaben sich folgende 10 Strecken, die bei der Bewertung berücksichtigt wurden:

M	N	P	Q	
JM	JN	JP	JQ	J
	MN	MP	MQ	M
		NP	NQ	N
			PQ	P

Tab. 4.5 Verwendete Punkte und sich ergebende Messstrecken des 1. Molaren

(siehe dazu Abb. 4.3 Seite 20)

c) **2. Molar - Kronenpräparation**

Hierbei wurden zur Auswertung sieben Punkte (R, S, T, U, V, W, X) herangezogen. Daraus ergaben sich folgende 21 Strecken, die bei der Bewertung berücksichtigt wurden:

S	T	U	V	W	X	
RS	RT	RU	RV	RW	RX	R
	ST	SU	SV	SW	SX	S
		TU	TV	TW	TX	T
			UV	UW	UX	U
				VW	VX	V
					WX	W

Tab. 4.6 Verwendete Punkte und sich ergebende Messstrecken des 2. Molaren (siehe dazu Abb. 4.3 Seite 20)

Die Umwandlung der einzelnen Koordinaten der Punkte in Messstrecken, die dem Abstand von je zwei Punkten zueinander entsprachen, erfolgte mit Hilfe des Programmes **Excel für Windows***. Hierbei wurde die Berechnung durch eine Umwandlung des Satzes des Pythagoras bewältigt.

Satz des Pythagoras:

$$a^2 + b^2 = c^2$$

* Microsoft Corp.

Die Umwandlung zur Berechnung der Messstrecken:

⇨ hier als Beispiel die Formel zur Abstandsberechnung der Punkte `a` und `b`:

$$ab = \sqrt{(ax - bx)^2 + (ay - by)^2}$$

Koordinaten des Punktes `a` : (ax / ay)

Koordinaten des Punktes `b` : (bx / by)

In der gleichen Art und Weise wurden alle Messstrecken berechnet.

4.8.3 Anfertigung der Kunststoff-Bisschlüssel

Dazu wurde für jedes der 130 Modelle jeweils ein Bisschlüssel aus **Protemp Garant*** hergestellt, welcher sich nur im Bereich des 2. Molaren befand. In dieser Region war, bedingt durch die Kronenpräparation, ausreichend Platz zur Anfertigung dieses Bisschlüssels (Abb. 4.10).



Abb. 4.10 Bisschlüssel im Urmodell

* ESPE Dental AG

Zunächst wurden die Seitenbereiche mesial und distal entfernt, um ein direktes Aufeinandersetzen der Modelle zu ermöglichen. Die Modelle wurden manuell in eine gesicherte Okklusion gebracht und beide Seiten, d. h. Kronenpräparation und Nachbarzähne, sowie die Antagonisten des Oberkiefers, mit **Seperating fluid (Ivoclar)** Isoliermittel – Gips gegen Kunststoff – isoliert. **Protemp Garant*** wurde dann zwischen den 2. Molaren des Unterkiefers und die Antagonisten gespritzt. Nach Aushärten des Materials konnte der erhaltene Schlüssel entfernt und die Okklusionsveränderung zum Urmodell gemessen werden.

Es war gewährleistet, dass das Material zum Antagonisten hin nur im Bereich der Okklusalfäche Kontakt hatte. Im Bereich des präparierten Zahnes 47 wurde der Schlüssel gerade so weit nach zervikal ausgedehnt, dass eine genaue Reposition anschließend möglich war. Dies war sowohl zur Okklusalfäche des Antagonisten als auch zur Kronenpräparation spaltfrei möglich.

Die Herstellung der Bissschlüssel der Modelle der Abformungen mit individuellen bzw. Schreinemakers Löffeln erfolgte in der gleiche Art und Weise. Dabei wurde das jeweilige Modell in manuell eingestellte maximale Interkuspitation mit einem zuvor angefertigten Superhartgips Modells als Gegenkiefer gebracht.

4.8.4 Messung der okklusalen Veränderungen

Zum Einsatz kam ein speziell umgebauter **SAM-Artikulator (Condymeter)**, bei dem im Bereich der Kondylenachsen elektrische Messuhren angebracht waren. Diese waren über eine Interface-Box (**Mitutoyo**, Neuss) direkt mit einem Rechner zur Messdatenerfassung gekoppelt. Die Bestimmung der dreidimensionalen Lageveränderung der Kiefer zueinander erfolgte mit Hilfe der vorher angefertigten Kunststoffschlüssel. Diese erfüllten in etwa die Aufgabe eines interokklusalen Registrats, welches eine exakte und reproduzierbare Zuordnung der Modelle erlaubt (64). Interokklusale Registerate sollten eine genaue und dimensionsstabile Representation der interokklusalen Beziehungen am Patienten in einen Artikulator überführen können (36).

Zur Messung wurde das Urmodell in das Messsystem eingebracht und ohne Bissschlüssel in Nullposition gebracht. Es folgten fünf Eich-Messungen und anschließend zehn Messungen

* ESPE Dental AG

mit eingebrachtem Kunststoff-Bissschlüssel. Dieser wurde nach den Eich-Messungen zwischen Zahn 47 und seinen Antagonisten gebracht. Zuletzt wurden wiederum fünf Korrekturmessungen ohne Schlüssel durchgeführt. Diese Prozedur wurde mit allen 130 Bissschlüsseln der einzelnen Modelle durchgeführt (Abb. 4.11).

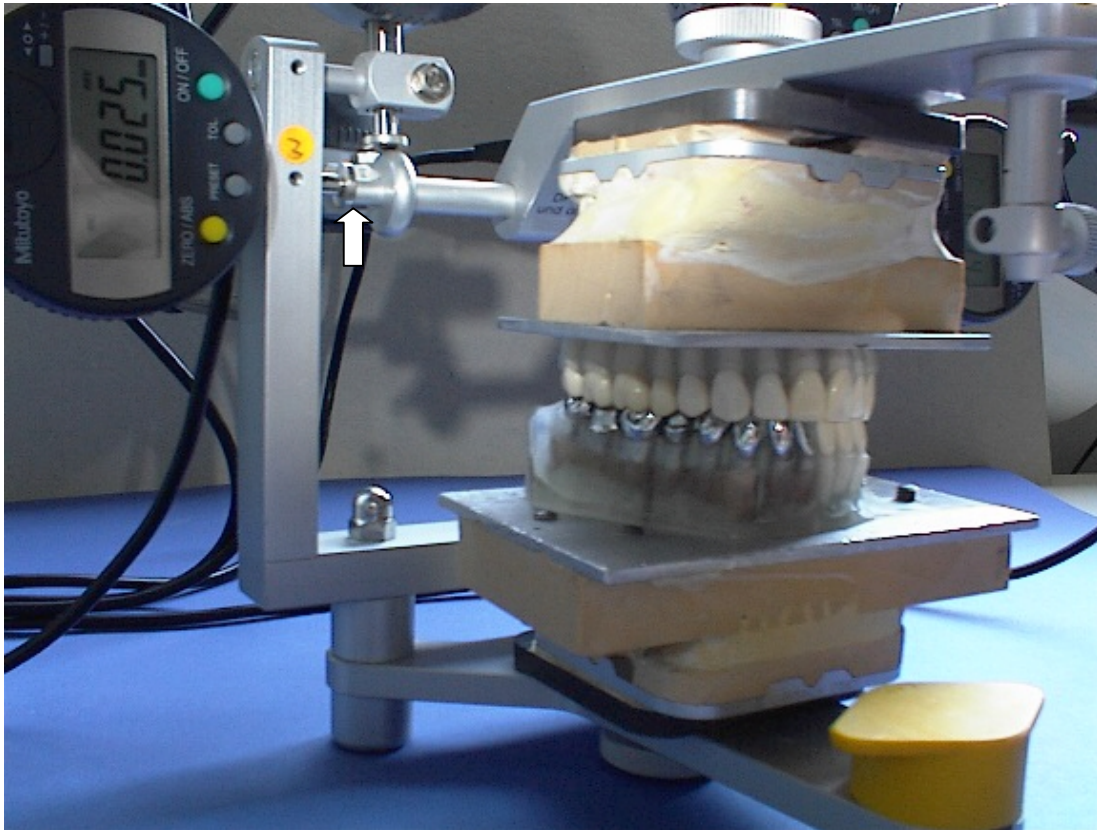
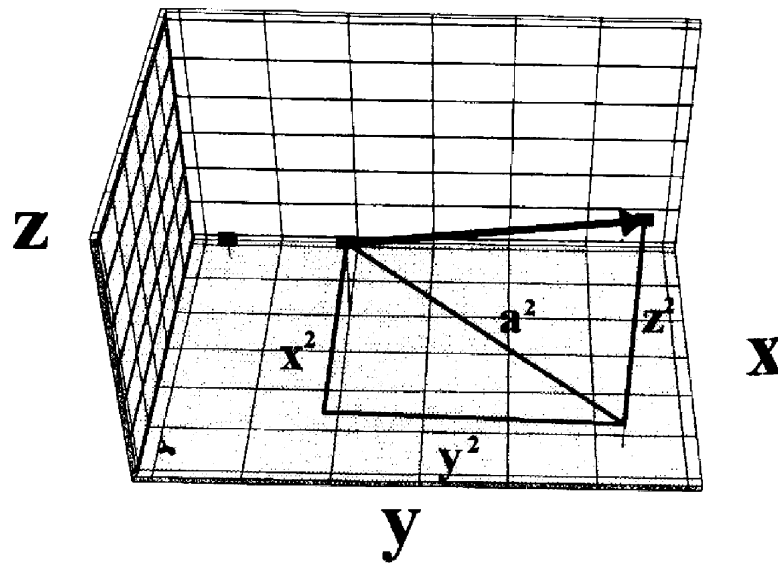


Abb. 4.11 Urmodell in Messapparatur zur Bestimmung der okklusalen Abweichung. (Die Pfeilspitze zeigt hierbei auf die umgebaute Achse des Artikulators, an die drei Messuhren angeschlossen sind)

Anhand der Veränderung der Koordinaten bei eingebrachtem Bissschlüssel konnte die Gesamtabweichung im Bereich der Kondylen, durch Verwendung von drei Messuhren pro Seite, dreidimensional dargestellt werden. Als Endwert wurde jeweils die Gesamtabweichung in μm errechnet. Dies geschah in diesem Falle mit Hilfe der in das PC-Programm integrierten Formel:

$$\text{Gesamtfehler} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$



Die angegebene Formel ist wiederum eine Umwandlung des Satzes des Pythagoras.

Abb. 4.12 Darstellung der 3D-Gesamtabweichung (Pfeil) (64)

4.9 Darstellung der Ergebnisse

4.9.1 Die einzelnen Messstrecken

Es wurden jeweils die Abstände der einzelnen Referenzpunkte mit Hilfe der unter 4.8.2 genannten Formel zur Abstandsberechnung ermittelt und im Vergleich zu den Strecken des Urmodells bewertet. Von den Strecken der einzelnen Modelle wurde somit der Betrag der jeweiligen Strecke des Urmodells abgezogen. Es wurde dann jeweils die prozentuale Abweichung der einzelnen Messstreckenveränderung berechnet. Dabei gilt:

$$\frac{(ab - d(ab)) * 100}{d(ab)} = s$$

ab = Abstand der Punkte `a` und `b` innerhalb der Modelle

$d(ab)$ = Abstand der Punkte `a` und `b` innerhalb des Urmodells

s = prozentuale Abweichung der Messstrecke des Modells zum Urmodell

Positive Werte stellten Vergrößerungen, negative Werte Verkleinerungen der jeweiligen Messstrecke dar.

Zusätzlich wurden die Beträge der Abweichungen innerhalb jedes einzelnen Zahnes addiert und analog zur oben genannten Formel als prozentuale Abweichung vom Urmodell dargestellt. Dazu wurden die jeweiligen Strecken im Urmodell ebenfalls addiert. Es fanden ausschließlich die Abweichungen der unter 4.8.2 angegebenen Strecken der einzelnen Zähne Verwendung. Hierbei ist zu beachten, dass dabei nur die Abweichung vom Urmodell ersichtlich war, nicht aber, ob es sich um eine Verkürzung oder Verlängerung der einzelnen Strecken handelte.

Durch die Berechnung der prozentualen Veränderung ist ein direkter Vergleich mehrerer Strecken unterschiedlicher Länge möglich.

Die prozentualen Abweichungen der aufsummierten Beträge der Einzelstrecken zum Urmodell wurden untereinander mit dem **Mann-Whitney U-Test** auf Signifikanz geprüft. Das Verfahren wird auch als „Wilcoxon Rangsummentest“ bezeichnet (10). Zusätzlich wurden mit Hilfe dieses Tests die einzelnen Materialien, Abformlöffel und –techniken untereinander auf Signifikanz geprüft.

Die statistische Auswertung erfolgte EDV-gestützt mit Hilfe des Programms **SPSS Win 9.0***. Dieses Programm ermöglicht neben statistisch relevanter Durchführung von Signifikanztests auch die graphische Darstellung der erhaltenen Messwerte mit Hilfe von Boxplots (siehe auch 4.9.3).

4.9.2 Die okklusale Abweichung

Die statistische und graphische Auswertung erfolgte ebenfalls mit Hilfe des Programms **SPSS Win 9.0*** unter Verwendung von Boxplots, die unter 4.9.3 näher erläutert werden. Zur Testung der okklusalen Veränderungen auf Signifikanz wurde wiederum der **Mann-Whitney U-Test** angewandt.

* SPSS GmbH Software München

4.9.3 Die Boxplots

Die Graphiken wurden mit dem PC-Programm **SPSS 9.0 für Windows** erstellt (Abb. 4.12)

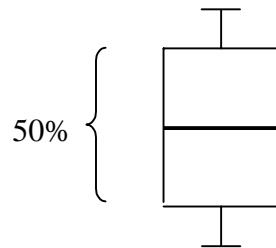


Abb. 4.12 Beispiel eines Boxplots.

Box: Zeigt den Bereich an, der vom ersten und dritten Quartil (25. Bzw. 75. Perzentil) begrenzt wird und deren schwarze innere Linie den Median repräsentiert. Es werden außerdem der kleinste und größte Wert markiert, sofern sie keine Ausreißer sind.

Quartile: Das erste Quartil ist derjenige Punkt der Messwerteskala, unterhalb dessen 25% der Messwerte liegen. Das zweite Quartil ist derjenige Punkt der Messwerteskala, unterhalb dessen 50% der Messwerte liegen. Das dritte Quartil ist derjenige Punkt der Messwerteskala, unterhalb dessen 75% der Messwerte liegen.

Werte: Die einzelnen Werte werden nicht angezeigt.

0-Linie: Gibt die Dimension des Urmodells an.

Linie: Durch die schwarze Linie wird der Median angegeben.

Median: Unterhalb des Median liegen 50% der Messwerte (= zweites Quartil).

Stern: Markiert Extremwerte, die um mehr als drei Kastenlängen außerhalb liegen.

Kreis: Markiert Werte, die um mehr als anderthalb Kastenlängen außerhalb liegen.

5 Ergebnisse

5.1 Messstrecken

5.1.1 Prämolare - Teilkronenpräparation:

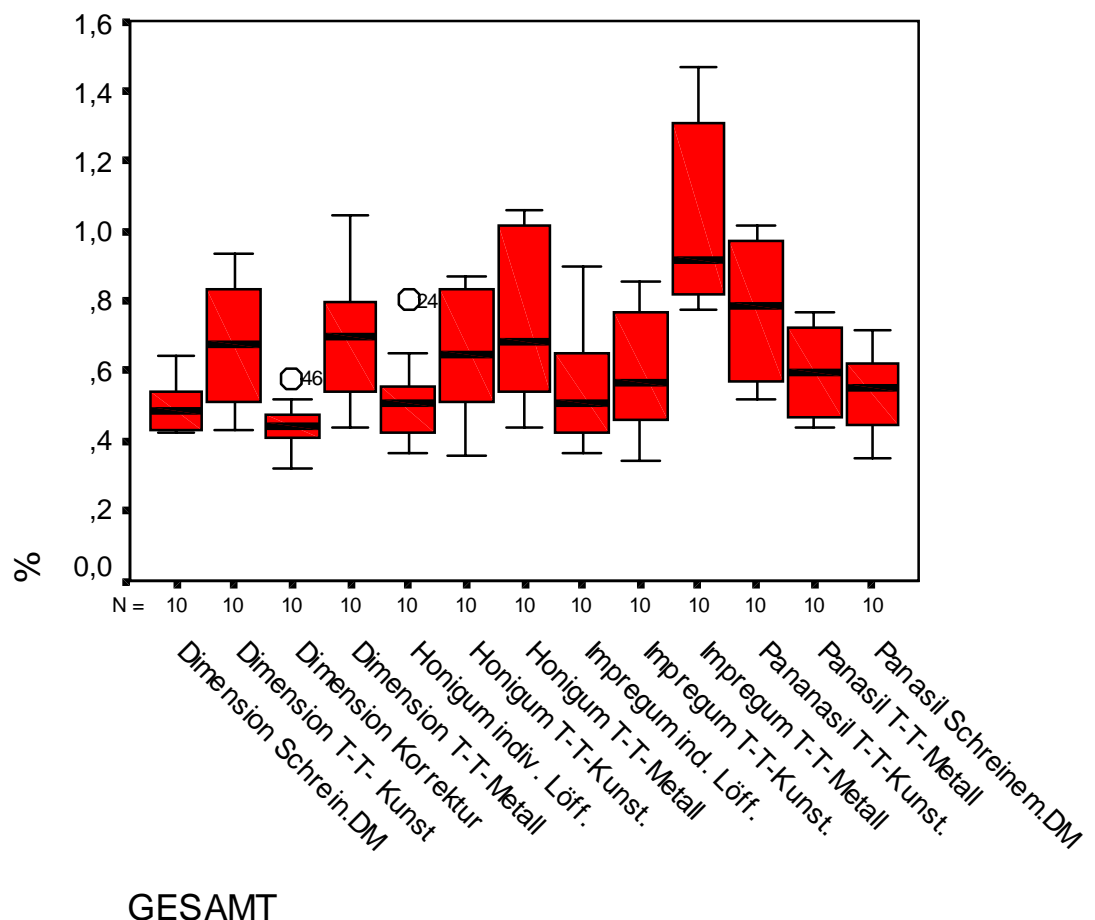


Abb. 5.1 Abweichung der Summe der Beträge der Strecken der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

(T-T-Kunst = Dual-Arch Kunststoff, T-T-Metall = Dual-Arch Metall)

Bei Gesamtbetrachtung der Ergebnisse innerhalb des Prämolaren (Abb. 5.1) fiel die geringere Abweichung vom Urmodell bei Abformung mit individuellen Löffeln und Schreinemakers Löffeln im Vergleich zu den Abformungen mit den Dual-Arch Abformträgern auf. Besonders gut schnitt die Abformserie mit Schreinemakers Löffeln und **Dimension Penta H Quick** bei Durchführung der Korrekturtechnik ab, wobei die Abweichung im Bereich von 0,4% Inter-

ERGEBNISSE

quartilabstand lag. Die schlechtesten Ergebnisse lieferte die Kombination von **Impregum** mit Dual-Arch-Metalllöffeln, bei der die Abweichung ca. 0,8-1,2% betrug und damit ungefähr drei Mal so groß war.

Es wurden jeweils die einzelnen Abformmaterialien und Verfahren zusammengefasst, um einen anschaulicheren Vergleich der Löffelarten zu erhalten:

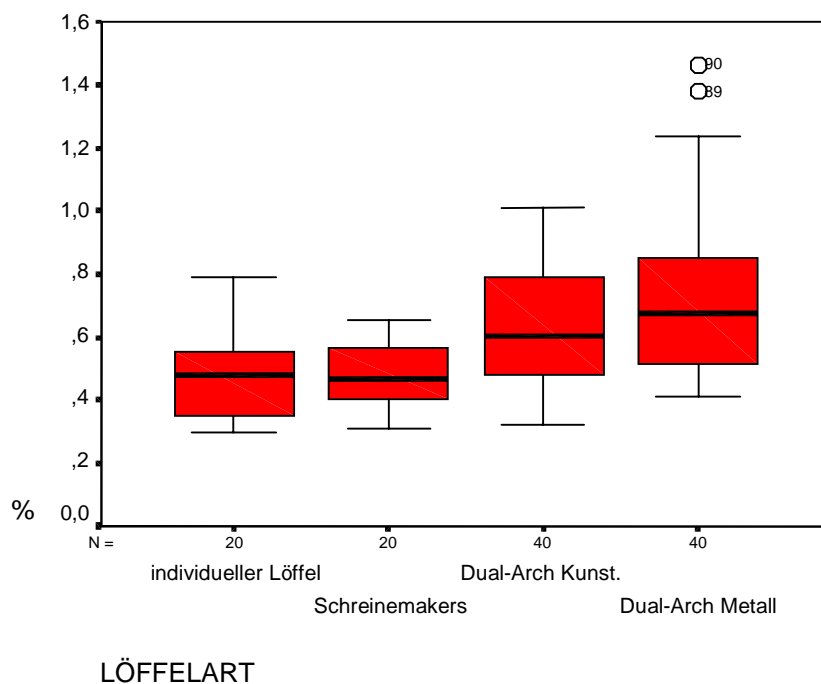


Abb. 5.2 Abweichung der Summe der Beträge der einzelnen Strecken der Modelle vom Urmodell in %

Bei Zusammenfassung der Werte der Abformmaterialien und –verfahren (Abb 5.2) wurde die größere Abweichung der mit Dual-Arch Abformträgern abgeformten Modelle besonders deutlich. Hierbei war zusätzlich zu bemerken, dass die Dual-Arch Kunststofflöffel besser als die Metall-Variante abschnitten. Desweiteren waren die Werte der Dual-Arch Abformträger stärker gestreut, als die der Schreinemakers und individuellen Löffel.

Es wurden jeweils die einzelnen Abformmaterialien und Löffelarten zusammengefasst:

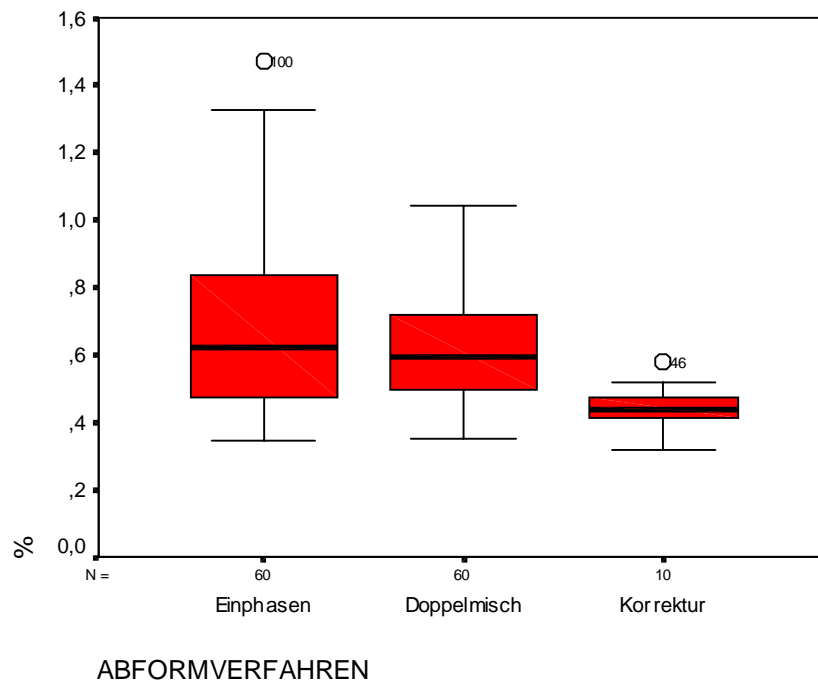


Abb. 5.3 Abweichung der Summe der Beträge der Strecken der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

Beim Vergleich der drei Abformverfahren schnitt die Korrekturabformung besser als die beiden anderen Techniken ab. Auch die Streuung bei Abformung dieser Technik war wesentlich geringer als bei der Korrektur- bzw. Doppelmischmethode. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass hierbei das schlechtere Abschneiden der Dual-Arch Löffel in die Bewertung einfloß. Abb. 5.3 ermöglicht einen direkten Vergleich der einzelnen Abformverfahren miteinander.

ERGEBNISSE

Es wurden jeweils die einzelnen Löffelarten und Abformtechniken zusammengefasst:

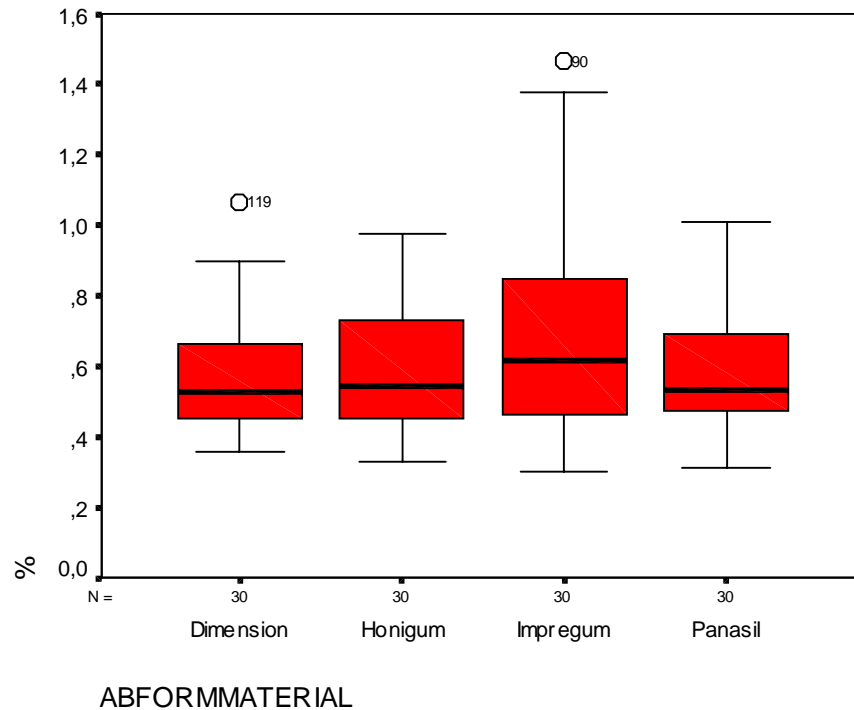


Abb. 5.4 Abweichung der Summe der Beträge der Strecken der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

Bei dem Vergleich der Abformmaterialien untereinander waren nur geringe Unterschiede feststellbar. Auffällig war jedoch die große Streuung bei Abformung mit **Impregum** (Abb. 5.4).

Ergebnisse des paarweisen Mann-Whitney U-Tests für die einzelnen Serien untereinander:

Dim Korr	Dim DAK	Dim DAM	Hon i L	Hon DAK	Hon DAM	Imp i L	Imp DAK	Imp DAM	Pan Sch	Pan DAK	Pan DAM	
n.s.	*	*	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	***	n.s.	**	n.s.	Dim SM
	**	**	n.s.	*	**	n.s.	*	***	*	***	**	Dim Korr
		n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	Dim DAK
			*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	Dim DAM
				n.s.	*	n.s.	n.s.	***	n.s.	**	n.s.	Hon i L
					n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	Hon DAK
						n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	Hon DAM
							n.s.	**	n.s.	*	n.s.	Imp i L
								**	n.s.	n.s.	n.s.	Imp DAK
									***	*	***	Imp DAM
										*	n.s.	Pan Sch
											n.s.	Pan DAK

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

Tab. 5.1

(DAK = Dual-Arch Kunststoff, DAM = Dual-Arch Metall, i L = individueller Löffel, Sch = Schreinemakers Löffel)

Während **Impregum** mit dem Dual-Arch Metall-System signifikant schlechter abschnitt als alle anderen Serien, war die Korrekturabformung mit **Dimension Penta H Quick** nicht signifikant besser als alle anderen Material-Löffel-Kombinationen (Tab. 5.1)

ERGEBNISSE

Ergebnisse des paarweisen Mann-Whitney U-Tests für die einzelnen Abformlöffel:

indiv. Löffel	Schreinemakers	Dual-Arch-Kunststoff	
***	***	n.s.	Dual-Arch-Metall
	n.s.	**	indiv. Löffel
		**	Schreinemakers

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

Tab. 5.2

In Tabelle 5.2 ist belegt, dass die Abformserien mit den Dual-Arch Abformträgern, gleich ob Kunststoff oder Metall, signifikant schlechtere Ergebnisse lieferte, als Abformungen mit Hilfe von individuellen bzw. Schreinemakers Löffeln. Der Unterschied zwischen den beiden Dual-Arch Abformträgern war dagegen nicht signifikant.

Ergebnisse des paarweisen Mann-Whitney U-Tests für die einzelnen Abformverfahren:

Einphasen	Doppelmisch	
**	**	Korrektur
	n.s.	Einphasen

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

Tab. 5.3

Die für Abb. 5.3 beschriebenen Ergebnisse stellten sich auch jeweils nach paarweisem Signifikanztest als signifikante Unterschiede dar (Tab. 5.3).

Ergebnisse des paarweisen Mann-Whitney U-Tests für die einzelnen Abformmaterialien:

Honigum	Impregum	Panasil	
n.s.	n.s.	n.s.	Dimension
	n.s.	n.s.	Honigum
		n.s.	Impregum

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

Tab. 5.4

Nach paarweisem Signifikanztest konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Tab. 5.4)

Zusätzlich zur Darstellung der Beträge der Gesamtstrecken wurden einzelne Strecken respektive der prozentualen Abweichung vom Urmodell betrachtet. Dadurch konnte zusätzlich die Richtung der Abweichung, d.h. eine Vergrößerung oder Verkleinerung der jeweiligen Strecke, beschrieben werden.

Die graphische Darstellung anhand von Boxplots wurde für einzelne ausgewählte Strecken AB, AC, AH, BC, BG, DF, FI und GH im Anhang eingefügt. Zusätzlich wurden die verwendeten Löffel im Vergleich durch Zusammenfassung der Abformverfahren und –materialien dieser Strecken veranschaulicht.

Folgend eine Schemazeichnung dieser Veränderungen innerhalb des Prämolaren:

Aus Gründen der Übersicht wurden die transversalen und longitudinalen Strecken separat verzeichnet.

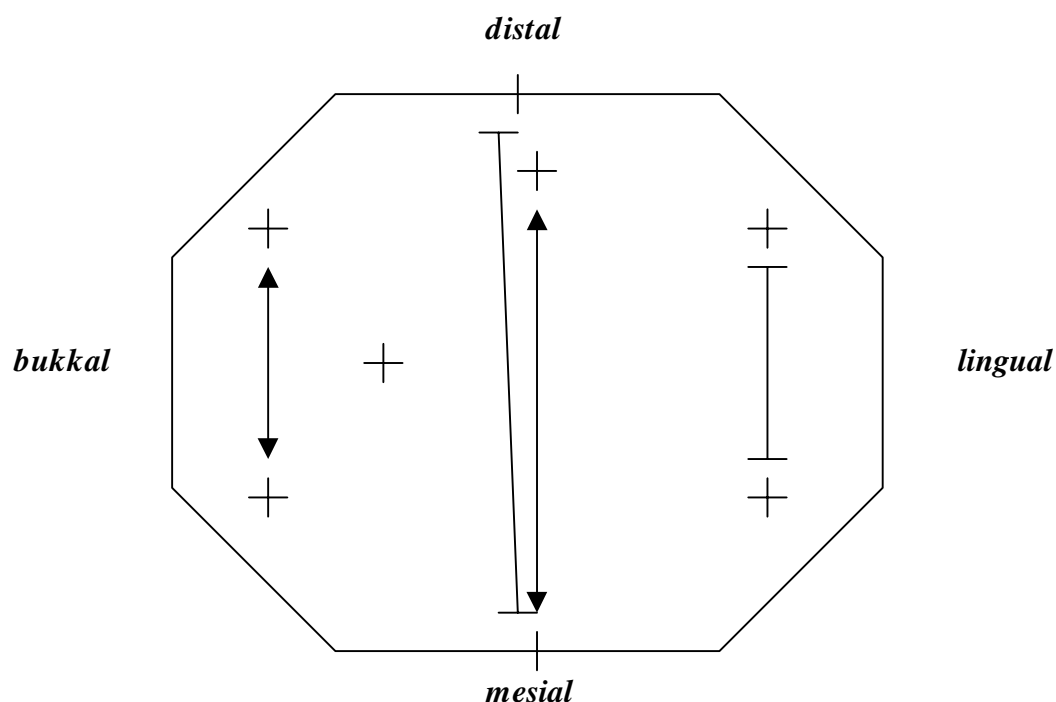


Abb. 5.5 Schematische Darstellung der mesio-distalen Streckenveränderungen

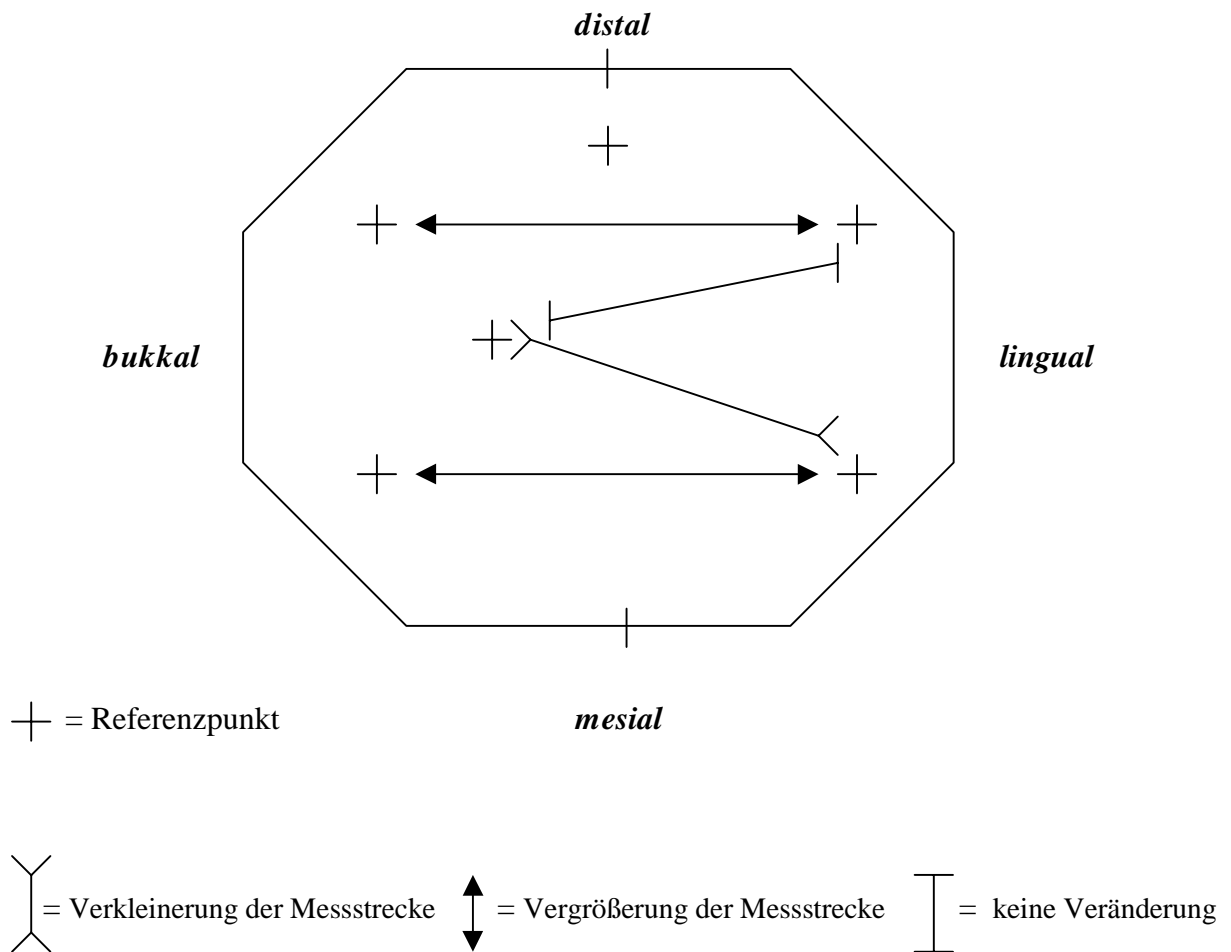
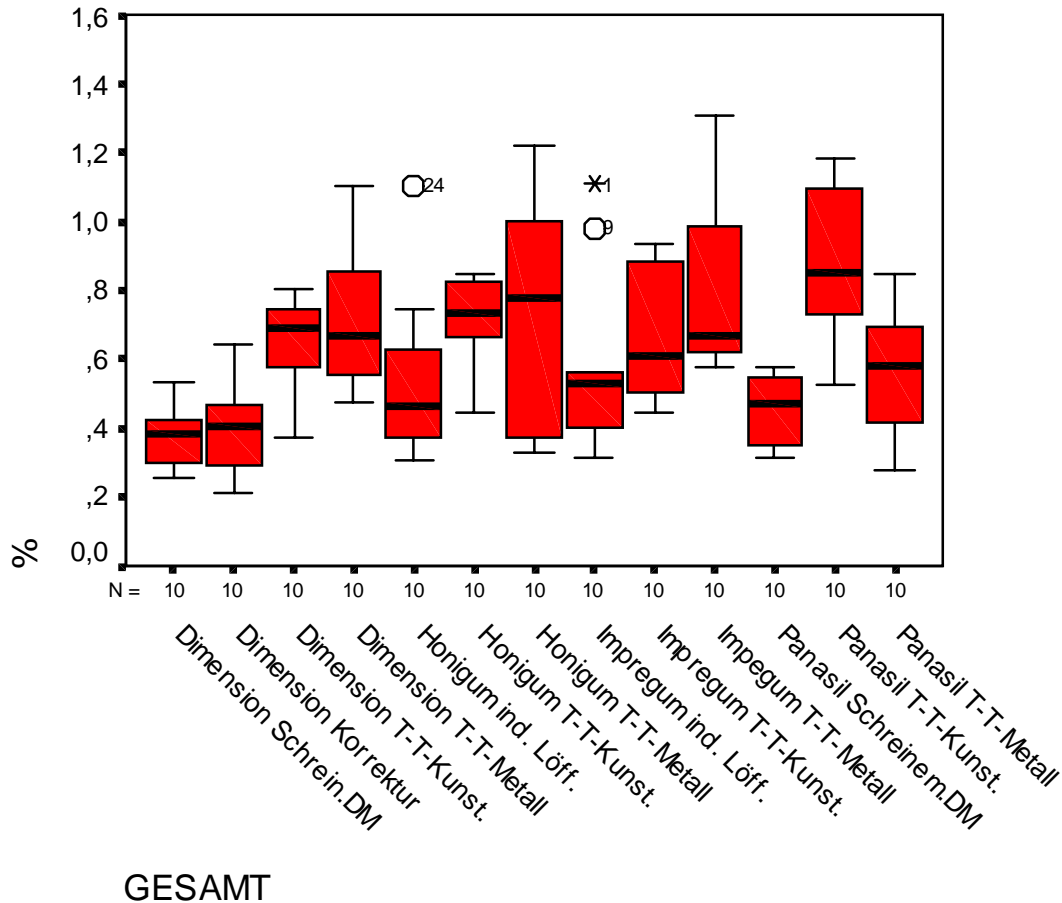


Abb. 5.6 Schematische Darstellung der transversalen Streckenveränderungen in bucco-lingualer Richtung

In mesio-distaler Richtung kam es mit wenigen Ausnahmen entweder zu einer Vergrößerung oder zu keiner Veränderung der Strecken. Die transversalen Strecken im okklusalen Bereich verkleinerten sich, während die nach zervikal verlaufenden Strecken in bucco-lingualer Dimension vergrößert wiedergegeben wurden.

5.1.2 1. Molar - Inlaypräparation:



GESAMT

Abb. 5.7 Abweichung der Summe der Beträge der Strecken der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

(T-T-Kunst = Dual-Arch Kunststoff, T-T-Metall = Dual-Arch Metall)

Bei Gesamtbetrachtung der Ergebnisse innerhalb des 1. Molaren (Abb. 5.7) fiel die geringere Abweichung vom Urmodell bei Abformung mit individuellen und Schreinemakers Löffeln im Vergleich zu den Abformungen mit den Dual-Arch Abformträgern auf. Besonders gut schnitt die Abformserie mit Schreinemakers Löffeln und **Dimension Penta H Quick** bei Durchführung der Doppelmischtechnik ab, wobei die Abweichung ca. 0,3-0,4% Interquartilabstand betrug. Die schlechtesten Ergebnisse lieferte die Kombination von **Panasil** mit Dual-Arch Kunststofflöffeln, bei der die Abweichung bereits ca. 0,7-1,1% betrug und damit ungefähr drei Mal so groß war.

Es wurden jeweils die einzelnen Abformmaterialien und Verfahren zusammengefasst, um einen anschaulicheren Vergleich der Löffelarten zu erhalten:

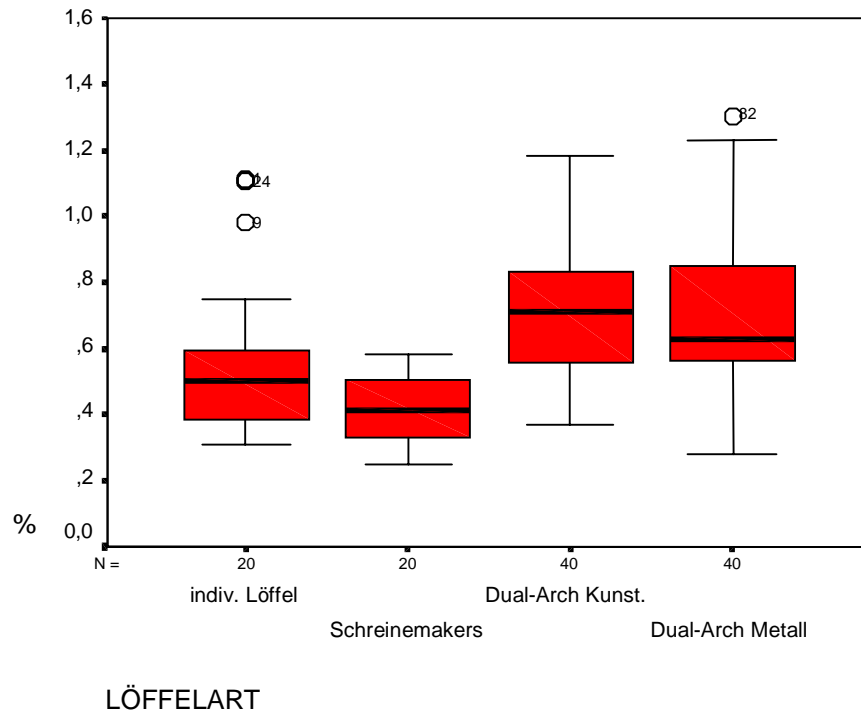


Abb. 5.8 Abweichung der Summe der Beträge der Strecken der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

Bei Zusammenfassung der Werte der Abformmaterialien und –verfahren (Abb. 5.8) wurde der Vorteil der Abformungen mit individuellen und Schreinemakers Löffeln gegenüber den Dual-Arch Abformungen besonders deutlich. Hierbei war zusätzlich zu bemerken, dass die Abformergebnisse mit Hilfe des Schreinemakerlöffels leichte Vorteile gegenüber den Abformergebnissen mit individuellen Löffeln aufwiesen. Desweiteren waren die Werte der Dual-Arch Abformträger stärker gestreut als die der Schreinemakers und individuellen Löffel.

Es wurden jeweils die einzelnen Abformmaterialien und Löffelarten zusammengefasst:

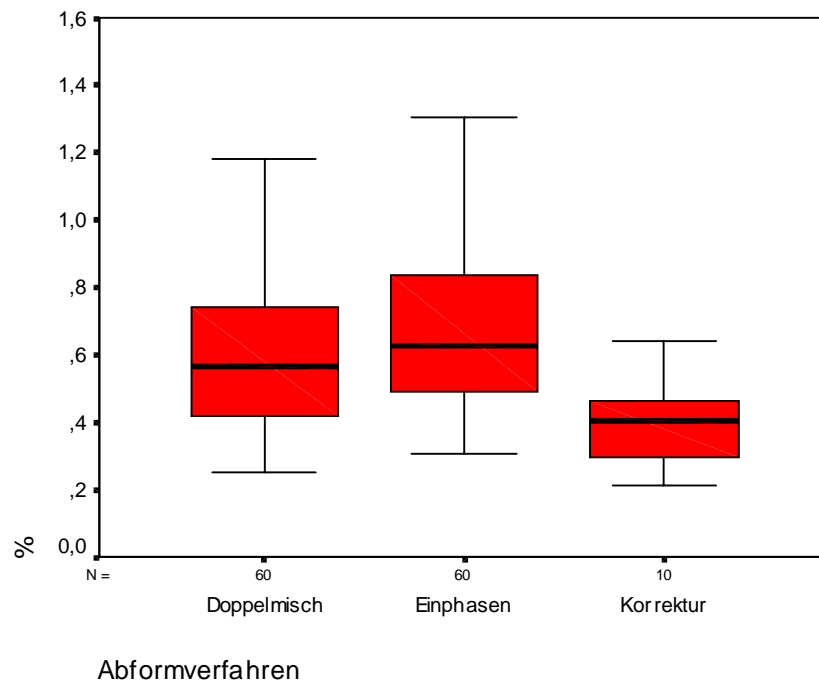


Abb. 5.9 Abweichung der Summe der Beträge der Strecken der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

Beim Vergleich der drei Abformverfahren schnitt die Korrekturabformung besser als die beiden anderen Techniken ab. Auch die Streuung bei Abformung dieser Technik war geringer als bei der Korrektur- bzw. Doppelmischmethode. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass hierbei das schlechtere Abschneiden der Dual-Arch Löffel in die Bewertung einfloß. Abb. 5.9 ermöglicht einen direkten Vergleich der einzelnen Abformverfahren miteinander.

Es wurden jeweils die einzelnen Löffelarten und Abformtechniken zusammengefasst:

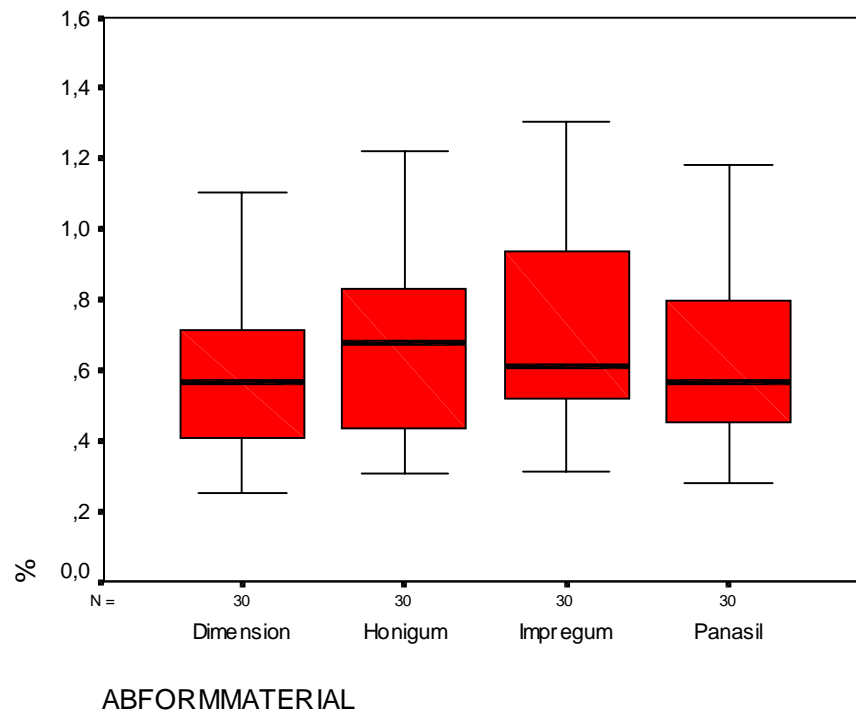


Abb. 5.10 Abweichung der Summe der Beträge der Strecken der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

Bei dem Vergleich der Abformmaterialien untereinander waren nur geringe Unterschiede feststellbar. Die geringsten Abweichungen wurden bei Verwendung von **Dimension Penta H Quick** gemessen, die größten bei Einsatz von **Impregum**. Allerdings waren die Unterschiede zwischen diesen beiden Werten sehr gering (Abb. 5.10).

ERGEBNISSE

Ergebnisse des paarweisen Mann-Whitney U-Tests für die einzelnen Serien untereinander:

Dim Korr	Dim DAK	Dim DAM	Hon i L	Hon DAK	Hon DAM	Imp i L	Imp DAK	Imp DAM	Pan Sch	Pan DAK	Pan DAM	
n.s.	**	***	*	***	*	*	***	***	n.s.	***	*	Dim SM
	**	**	n.s.	**	*	n.s.	**	**	n.s.	***	n.s.	Dim Korr
		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	*	n.s.	Dim DAK
			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	Dim DAM
				*	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	**	n.s.	Hon i L
					n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	Hon DAK
						n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	Hon DAM
							n.s.	**	n.s.	*	n.s.	Imp i L
								n.s.	*	n.s.	n.s.	Imp DAK
									***	n.s.	*	Imp DAM
										**	n.s.	Pan Sch
											*	Pan DAK

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

Tab. 5.5

(DAK = Dual-Arch Kunststoff, DAM = Dual-Arch Metall, i L = individueller Löffel, Sch = Schreinemakers Löffel)

Die geringeren Abweichungen von Abformungen mit Schreinemakers Löffeln unter Verwendung von **Dimension Penata H Quick** stellten sich nicht als signifikant gegenüber allen anderen Serien heraus. Ebenso waren **Panasil** Abformungen mit Hilfe der Dual-Arch Kunststoff Abformträger nicht signifikant schlechter gegenüber allen anderen Serien (Tab. 5.5).

Ergebnisse des paarweisen Mann-Whitney U-Tests für die einzelnen Abformlöffel:

indiv. Löffel	Schreinemakers	Dual-Arch-Kunststoff	
*	***	n.s.	Dual-Arch-Metall
	*	**	indiv. Löffel
		***	Schreinemakers

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

Tab. 5.6

Die für Abb. 5.8 beschriebenen Ergebnisse stellten sich auch jeweils nach paarweisem Signifikanztest als signifikante Unterschiede dar (Tab. 5.6).

Ergebnisse des paarweisen Mann-Whitney U-Tests für die einzelnen Abformverfahren:

Einphasen	Doppelmisch	
**	**	Korrektur
	n.s.	Einphasen

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

Tab. 5.7

Der paarweise Signifikanztest ergab jeweils einen signifikanten Unterschied von Abformungen mit der Korrekturtechnik im Vergleich zu den beiden anderen Verfahren (Tab. 5.7).

ERGEBNISSE

Ergebnisse des paarweisen Mann-Whitney U-Tests für die einzelnen Abformmaterialien:

Honigum	Impregum	Panasil	
n.s.	*	n.s.	Dimension
	n.s.	n.s.	Honigum
		n.s.	Impregum

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

Tab. 5.8

Beim paarweisen Signifikanztest war nur zwischen **Impregum** und **Dimension Penta H Quick** ein signifikanter Unterschied zu verzeichnen (Tab. 5.8).

Zusätzlich zur Darstellung der Beträge der Gesamtstrecken wurden einzelne Strecken respektive der prozentualen Abweichung vom Urmodell betrachtet. Dadurch konnte zusätzlich die Richtung der Abweichung, d.h. eine Vergrößerung oder Verkleinerung der jeweiligen Strecke, beschrieben werden.

Die graphische Darstellung anhand von Boxplots wurde für einzelne ausgewählte Strecken JM, JN, NP, NQ und PQ im Anhang eingefügt. Zusätzlich wurden die verwendeten Löffel im Vergleich durch Zusammenfassung der Abformverfahren und -materialien dieser Strecken veranschaulicht.

Folgend eine Schemazeichnung dieser Veränderungen innerhalb des 1. Molaren.

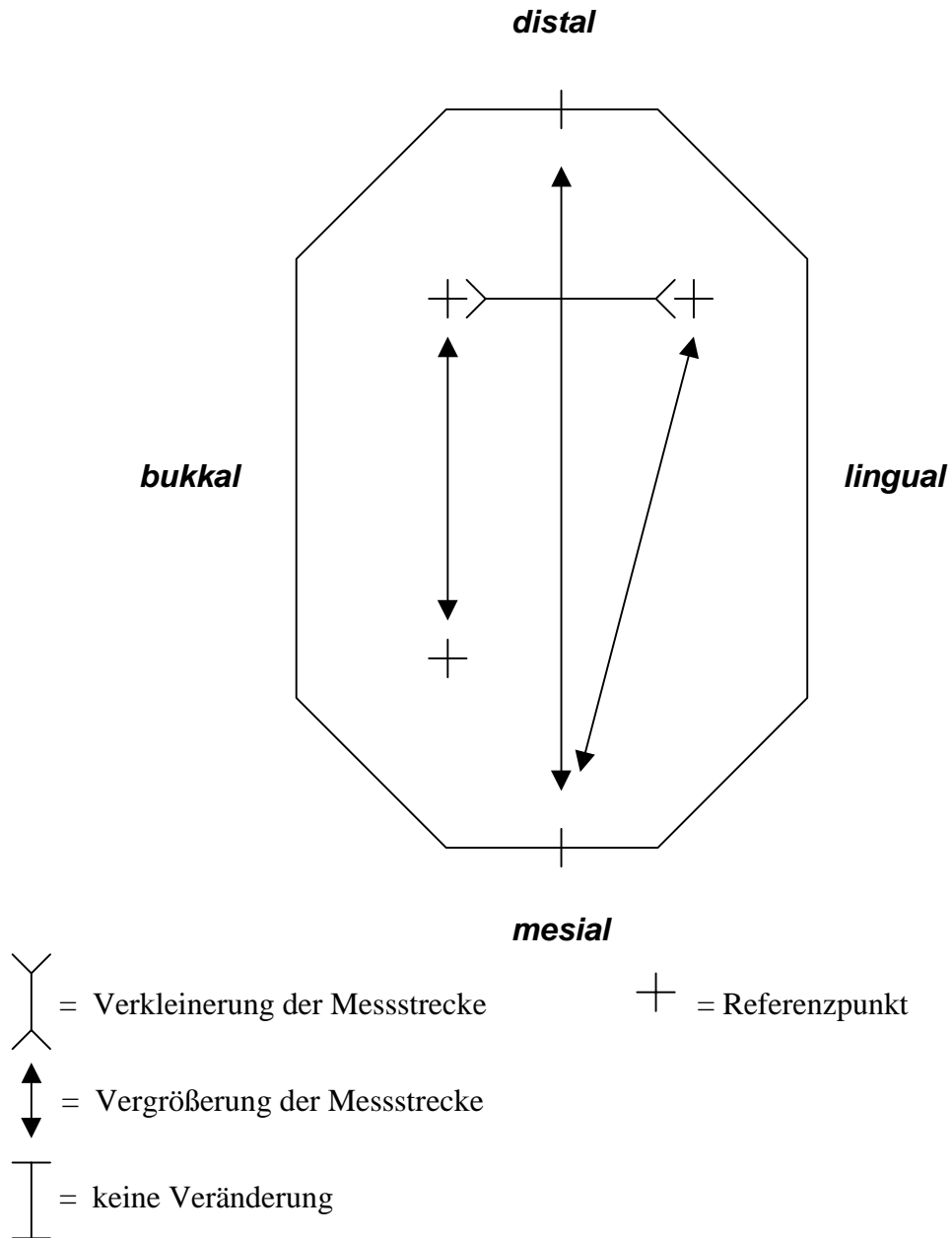
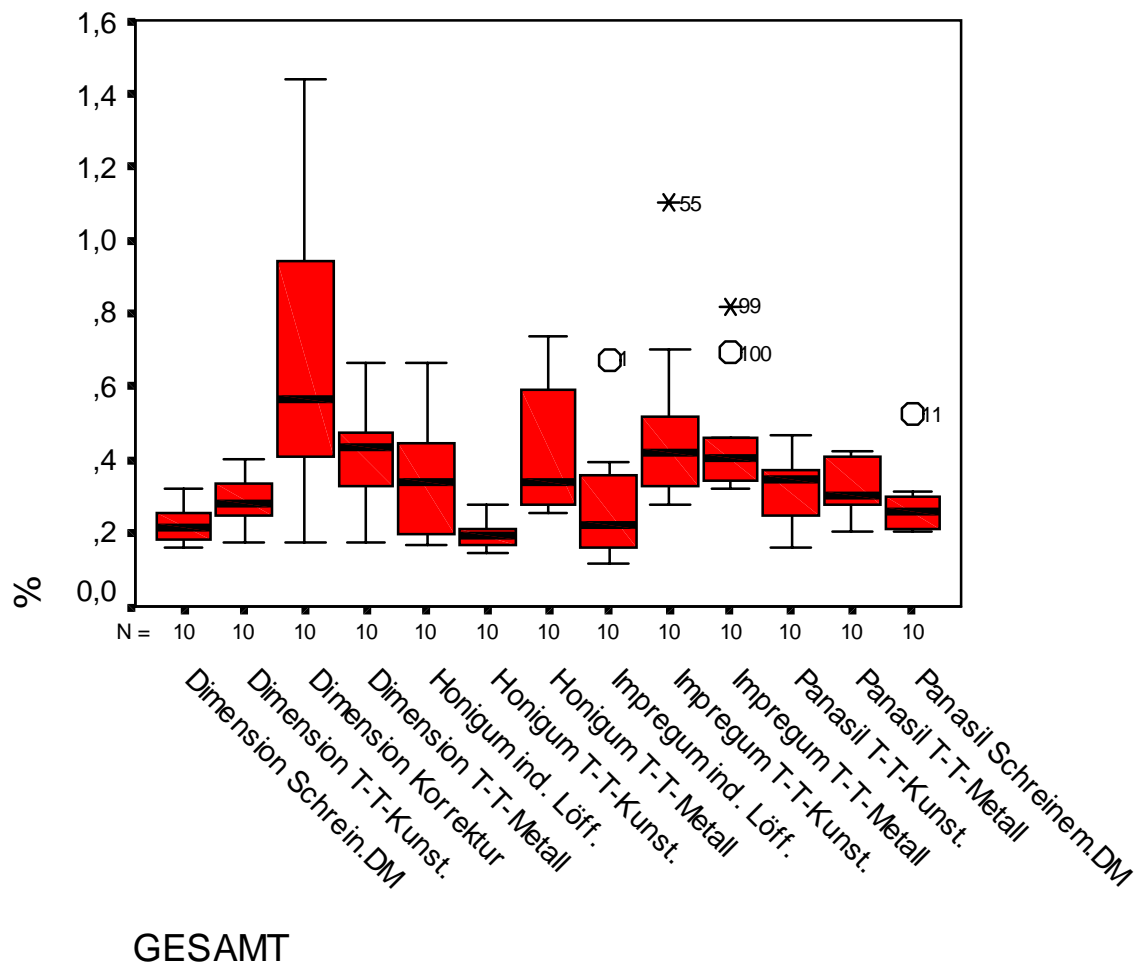


Abb. 5.11 Schemazeichnung der Veränderungen innerhalb des 1. Molaren

In mesio-distaler Richtung kam es mit sehr wenigen Ausnahmen zu einer Vergrößerung der Strecken, während die transversalen Strecken in bukko-lingualer Dimension verkleinert wiedergegeben wurden.

5.1.3 2. Molar- Kronenpräparation:



GESAMT

Abb. 5.12 Abweichung der Summe der Beträge der Strecken der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

(T-T-Kunst = Dual-Arch Kunststoff, T-T-Metall = Dual-Arch Metall)

Bei Gesamtbetrachtung der Ergebnisse innerhalb des 2. Molaren (Abb. 5.12) fiel die etwas größere Abweichung vom Urmodell bei Abformungen mit Dual-Arch Metall Abformträgern im Vergleich zu den anderen verwendeten Löffeln auf. Besonders gut schnitt die Abformserie mit Schreinemakers Löffeln und **Dimension Penta H Quick** bei Durchführung der Doppel-mischtechnik und die Serie bei Abformung mit Dual-Arch Kunststoff Abformträgern bei Verwendung von **Honigum** ab. Die Abweichung lag dabei im Bereich von 0,2% Interquartilabstand. Die schlechtesten Ergebnisse lieferte die Serie, bei der die Korrekturabformung angewandt wurde. Hier in Kombination mit **Dimension Penta H Quick** bei Verwendung von Schreinemakers Abformlöffeln. Auch die Streuung dieser Abformserie war sehr hoch. Alle anderen Serien lagen relativ eng beieinander.

Es wurden jeweils die einzelnen Abformmaterialien und Verfahren zusammengefasst, um einen anschaulicheren Vergleich der Löffelarten zu erhalten:

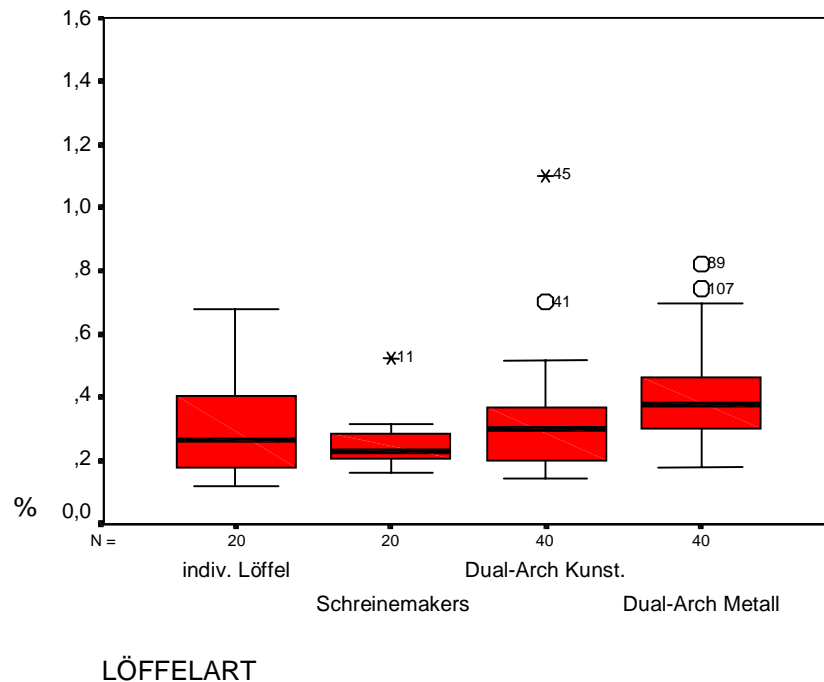


Abb. 5.13 Abweichung der Summe der Beträge der einzelnen Strecken der Modelle vom Urmodell in %

Bei Zusammenfassung der Werte der Abformmaterialien und –verfahren (Abb. 5.13) wurde die größere Abweichung der mit Dual-Arch Metall Abformtträgern abgeformten Modelle besonders deutlich. Die anderen drei Löffelarten zeigten kaum sichtbare Unterschiede untereinander. Hierbei war lediglich die geringe Streuung der Abformungen mit Schreinemakers Löffeln auffällig.

Es wurden jeweils die einzelnen Abformmaterialien und Löffelarten zusammengefasst:

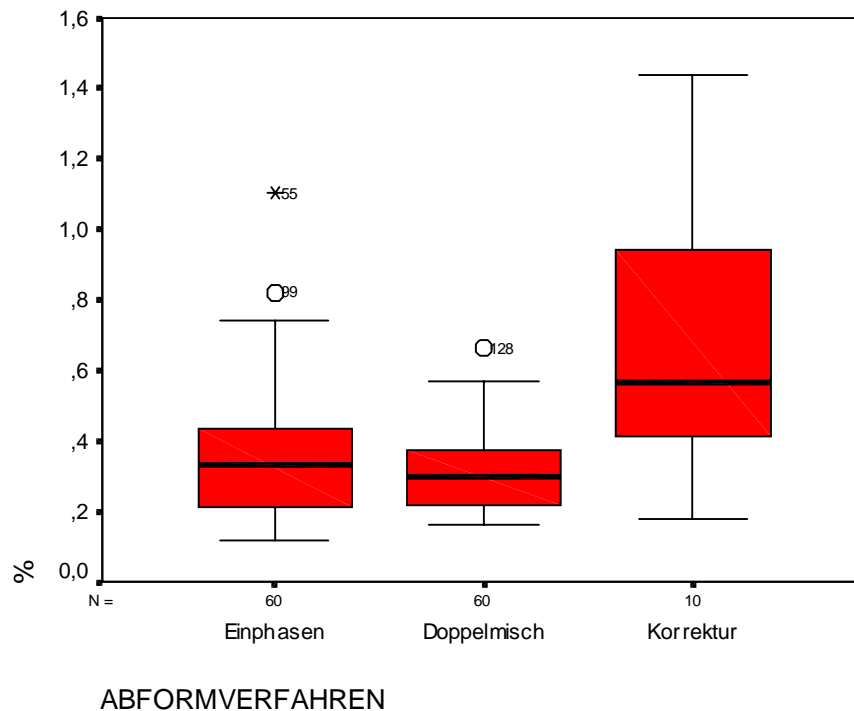


Abb. 5.14 Abweichung der Summe der Beträge der Strecken der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

Beim Vergleich der drei Abformverfahren schnitt die Korrekturabformung schlechter als die beiden anderen Techniken ab. Auch die Streuung bei Abformung dieser Technik war wesentlich größer als bei der Korrektur- bzw. Doppelmischmethode. Abb. 5.14 ermöglicht einen direkten Vergleich der einzelnen Abformverfahren miteinander.

Es wurden jeweils die einzelnen Löffelarten und Abformtechniken zusammengefasst:

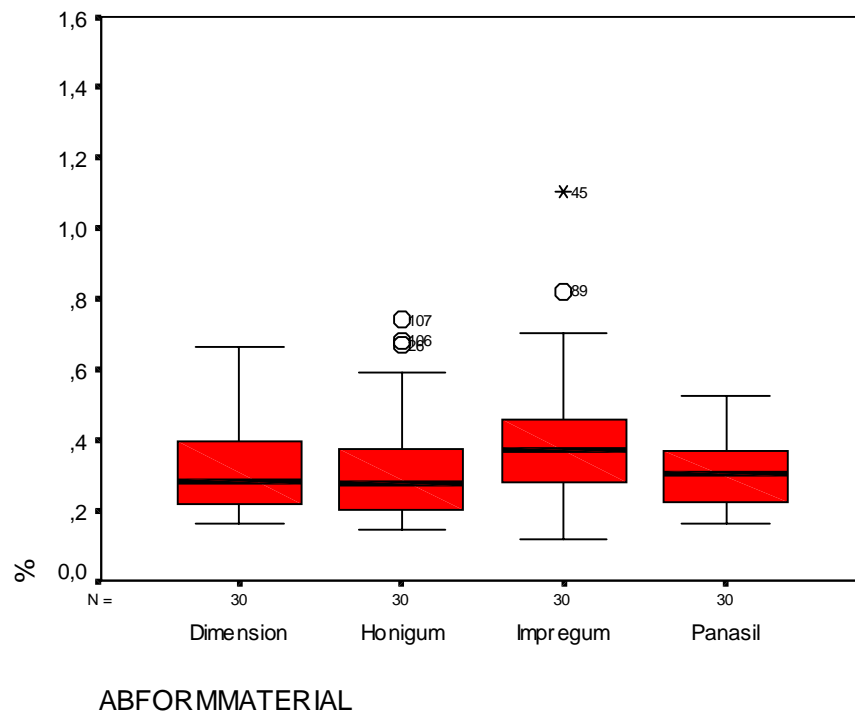


Abb. 5.15 Abweichung der Summe der Beträge der Strecken der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

Bei dem Vergleich der Abformmaterialien (5.15) waren nur geringe Unterschiede untereinander feststellbar. Etwas schlechter als die restlichen Materialien schnitt jedoch das Abformmaterial **Impregum** ab.

ERGEBNISSE

Ergebnisse des paarweisen Mann-Whitney U-Tests für die einzelnen Serien untereinander:

Dim Korr	Dim DAK	Dim DAM	Hon i L	Hon DAK	Hon DAM	Imp i L	Imp DAK	Imp DAM	Pan Sch	Pan DAK	Pan DAM	
**	n.s.	**	n.s.	n.s.	**	n.s.	***	***	n.s.	*	**	Dim SM
	**	n.s.	*	**	n.s.	**	n.s.	n.s.	**	**	*	Dim Korr
		*	n.s.	**	n.s.	n.s.	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	Dim DAK
			n.s.	**	n.s.	*	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	Dim DAM
				*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	Hon i L
					***	n.s.	***	***	**	**	**	Hon DAK
						*	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	Hon DAM
							*	*	n.s.	n.s.	n.s.	Imp i L
								n.s.	**	n.s.	*	Imp DAK
									**	n.s.	*	Imp DAM
										n.s.	n.s.	Pan Sch
											n.s.	Pan DAK

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

Tab. 5.9

(DAK = Dual-Arch Kunststoff, DAM = Dual-Arch Metall, i L = individueller Löffel, Sch = Schreinemakers Löffel)

Die paarweisen Signifikanztests in Tab. 5.9 ergaben, dass keine Serie signifikant besser oder schlechter als alle anderen war. Allerdings war das Abschneiden der Abformserie mit **Honi-gum** unter Verwendung von Dual-Arch Kunststofflöffeln signifikant besser als alle Materialien, wobei nur zur Abformung mit **Impregum** unter Verwendung individueller Löffel und zur Abformung mit Schreinemakers Löffeln und dem Material **Dimension Penta H Quick** mit Hilfe der Doppelmischtechnik kein signifikanter Unterschied bestand.

Ergebnisse des paarweisen Mann-Whitney U-Tests für die einzelnen Abformlöffel:

indiv. Löffel	Schreinemakers	Dual-Arch-Kunststoff	
*	***	**	Dual-Arch-Metall
	n.s.	n.s.	indiv. Löffel
		n.s.	Schreinemakers

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

Tab. 5.10

Die für Abb. 5.13 beschriebenen Ergebnisse stellten sich auch jeweils nach paarweisem Signifikanztest als signifikante Unterschiede dar. Der Unterschied zu Abformungen mit Schreinemakerslöffeln im Vergleich mit Dual-Arch Metall Abformlöffeln, wies jedoch die höchste Signifikanz auf (Tab. 5.10).

Ergebnisse des paarweisen Mann-Whitney U-Tests für die einzelnen Abformverfahren:

Einphasen	Doppelmisch	
**	**	Korrektur
	n.s.	Einphasen

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

Tab. 5.11

Die für Abb. 5.14 beschriebenen Ergebnisse stellten sich auch jeweils nach paarweisem Signifikanztest als signifikante Unterschiede dar (Tab. 5.11).

ERGEBNISSE

Ergebnisse des paarweisen Mann-Whitney U-Tests für die einzelnen Abformmaterialien:

Honigum	Impregum	Panasil	
n.s.	*	n.s.	Dimension
	*	n.s.	Honigum
		n.s.	Impregum

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

Tab. 5.12

Die für Abb. 5.15 beschriebenen Ergebnisse werden durch Tabelle 5.12 bestätigt. Die Abformserien bei Verwendung von **Impregum** waren allerdings nur signifikant schlechter als die bei Verwendung von **Honigum** und **Dimension**, nicht jedoch als die bei Gebrauch von **Panasil** als Abformmaterial.

Zusätzlich zur Darstellung der Beträge der Gesamtstrecken wurden einzelne Strecken respektive der prozentualen Abweichung vom Urmodell betrachtet. Dadurch konnte zusätzlich die Richtung der Abweichung, d.h. eine Vergrößerung oder Verkleinerung der jeweiligen Strecke, beschrieben werden.

Die graphische Darstellung anhand von Boxplots wurde für einzelne ausgewählte Strecken RV, SV, TU, TX, UW, WX im Anhang eingefügt. Zusätzlich wurden die verwendeten Löffel im Vergleich durch Zusammenfassung der Abformverfahren und -materialien dieser Strecken veranschaulicht.

Folgend eine Schemazeichnung dieser Veränderungen innerhalb des 2. Molaren.

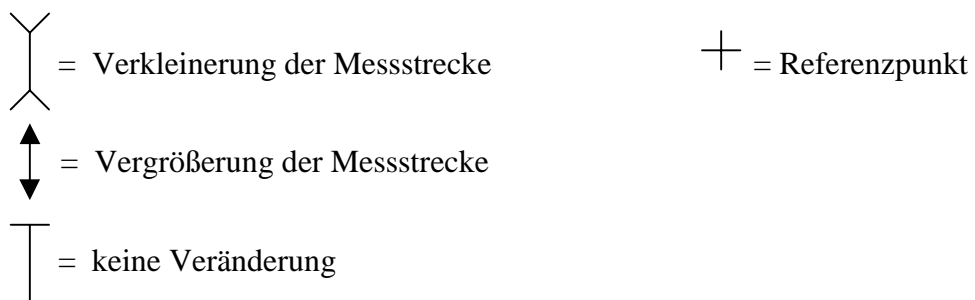
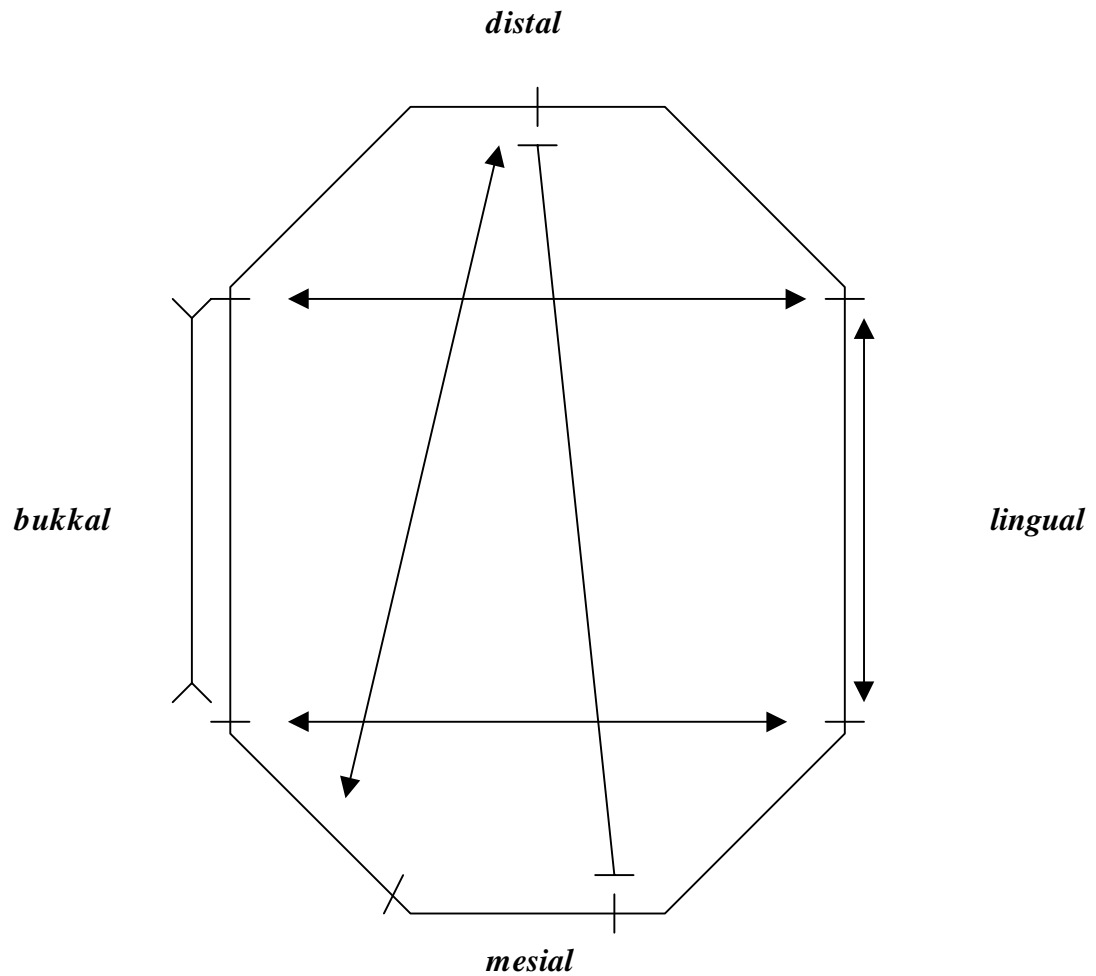
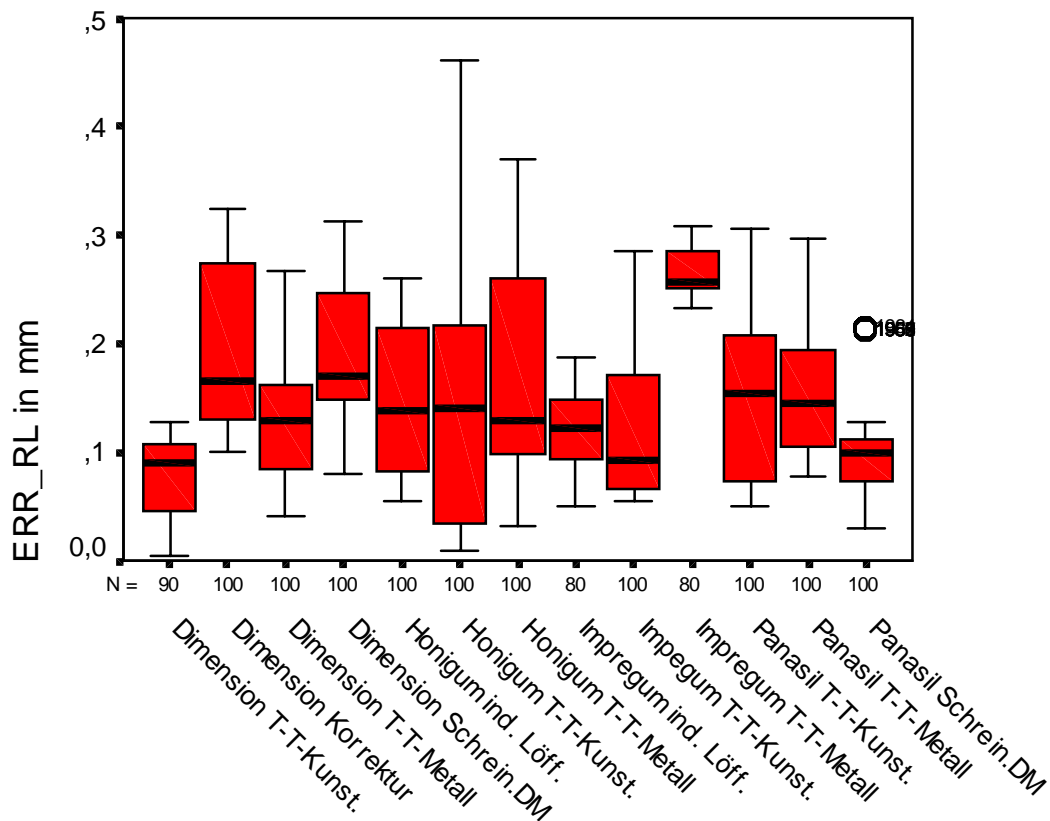


Abb. 5.16 Schematische Darstellung der Veränderungen innerhalb des 2. Molaren

In transversaler Richtung kam es mit wenigen Ausnahmen zu einer Vergrößerung der Strecken. Die Veränderungen in mesio-distaler Dimension waren relativ uneinheitlich. Hier ließ sich keine genaue Aussage treffen.

5.2 Okklusale Veränderungen



Gesamt

Abb. 5.17 Die okklusale Gesamtabweichung der einzelnen Modelle im Bereich der Kondylen vom Urmodell in mm

(T-T-Kunst = Dual-Arch Kunststoff, T-T-Metall = Dual-Arch Metall)

Bei Gesamtbetrachtung der Ergebnisse (Abb. 5.17) schnitt die Abformung des Materials **Dimension Penata H Quick** in Kombination mit dem Dual-Arch Kunststoff Abformträger bei einer Abweichung von etwa 50-100 µm Interquartilabstand besonders gut ab. Hingegen wies, mit einer ungefähr drei Mal so großen Abweichung von 250-300 µm, die Verbindung von Impregum mit dem Dual-Arch Metall-System die schlechtesten Werte hinsichtlich der okklusalen Abweichung auf. Sehr auffällig erschien auch die große Streuung bei dem Material **Honigum** unter Verwendung des Dual-Arch Kunststoff Abformlöffels. Hier lag der Bereich vom 2. bis 9. Dezil (56) bei ca. 450 µm.

Es wurden jeweils die einzelnen Abformmaterialien und Verfahren zusammengefasst, um einen anschaulicheren Vergleich der Löffelarten zu erhalten:

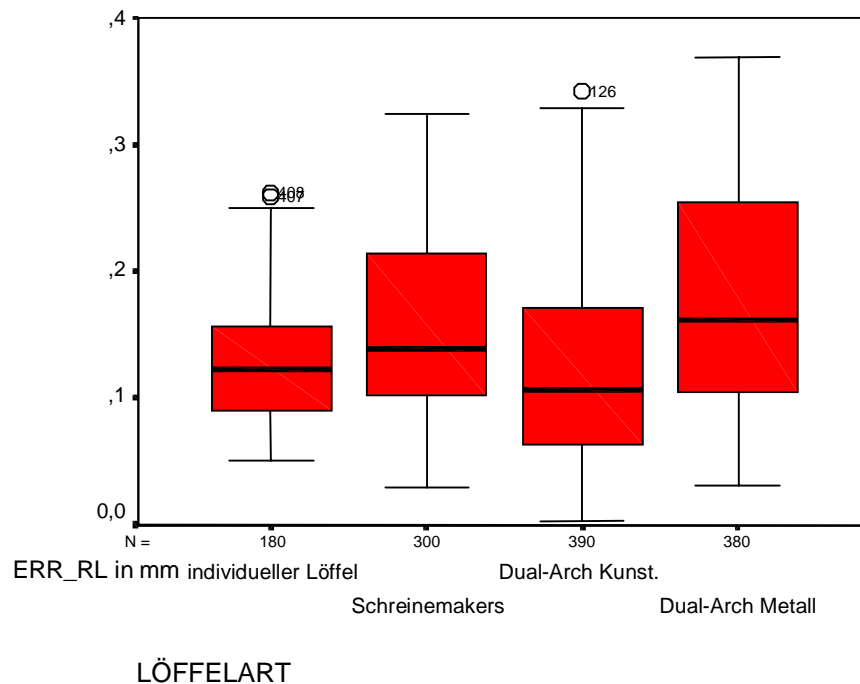


Abb. 5.18 Die okklusale Gesamtabweichung der einzelnen Modelle im Bereich der Kondylen vom Urmodell in mm

Bei Betrachtung der einzelnen Löffel im Vergleich (Abb. 5.18) waren nur geringe Unterschiede ersichtlich. Die besten Werte verzeichnete der Dual-Arch Kunststoff Abformträger, am ungenauesten war der Dual-Arch Metall Abformträger. Eine geringere Streuung als bei den restlichen Löffeln war bei den Abformserien mit individuellen Löffeln zu verzeichnen.

Es wurden jeweils die einzelnen Abformmaterialien und Löffelarten zusammengefasst:

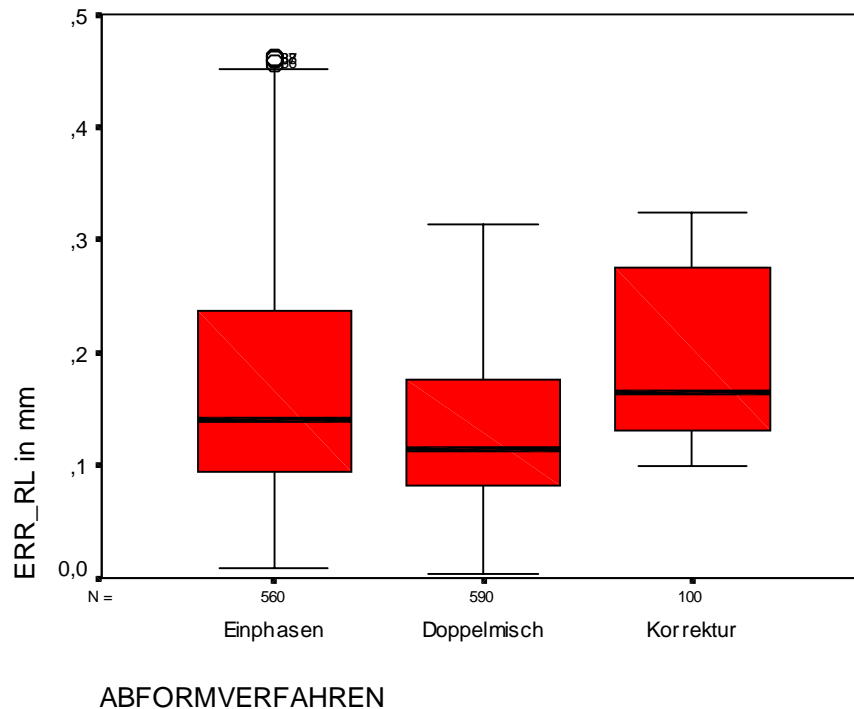


Abb. 5.19 Die okklusale Gesamtabweichung der einzelnen Modelle im Bereich der Kondylen vom Urmodell in mm

Beim Vergleich der drei Abformverfahren schnitt die Doppelmischmethode besser als die beiden anderen Techniken ab. Die schlechtesten Ergebnisse lieferte die Korrekturtechnik. Allerdings streuten diese Werte am wenigsten. Abb. 5.19 ermöglicht einen direkten Vergleich der einzelnen Abformverfahren miteinander.

Es wurden jeweils die einzelnen Löffelarten und Abformtechniken zusammengefasst:

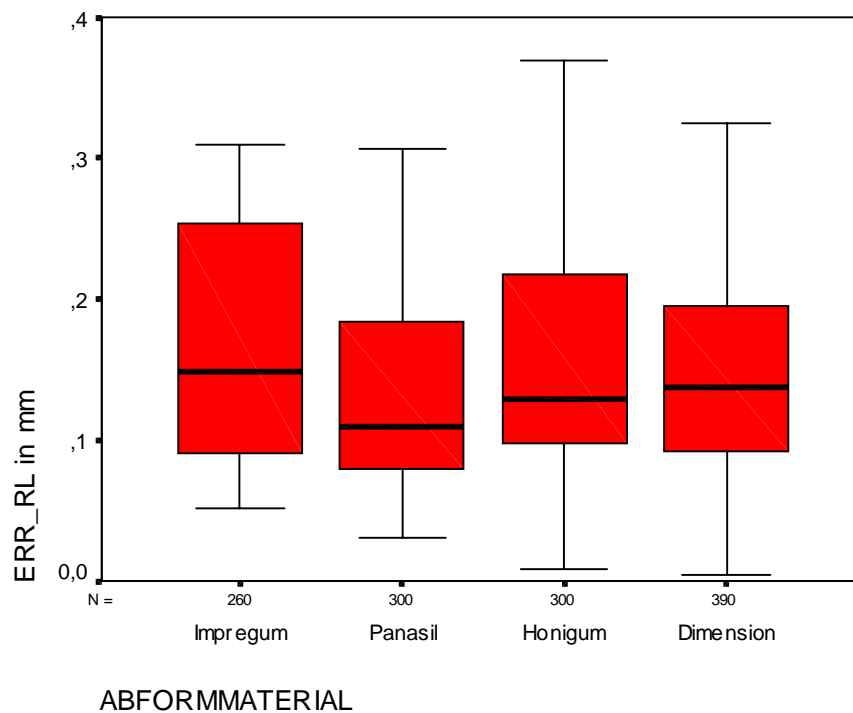


Abb. 5.20 Die okklusale Gesamtabweichung der einzelnen Modelle im Bereich der Kondylen vom Urmodell in mm

Bei dem Vergleich der Abformmaterialien (Abb.5.20) waren nur geringe Unterschiede untereinander feststellbar. Leichte Vorteile gegenüber den anderen drei Materialien schien jedoch das Material **Panasil** aufzuweisen.

ERGEBNISSE

Ergebnisse des paarweisen Mann-Whitney U-Tests für die einzelnen Serien untereinander:

Dim Korr	Dim DAK	Dim DAM	Hon i L	Hon DAK	Hon DAM	Imp i L	Imp DAK	Imp DAM	Pan Sch	Pan DAK	Pan DAM	
n.s.	***	***	***	**	*	***	***	**	***	***	**	Dim SM
	***	***	***	*	***	***	***	***	***	**	**	Dim Korr
		***	***	***	***	***	***	***	**	***	***	Dim DAK
			n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	***	***	n.s.	*	Dim DAM
				n.s.	n.s.	*	*	***	***	n.s.	n.s.	Hon i L
					n.s.	n.s.	n.s.	***	***	n.s.	n.s.	Hon DAK
						**	***	***	***	n.s.	n.s.	Hon DAM
							n.s.	***	***	**	***	Imp i L
								***	n.s.	**	***	Imp DAK
									***	***	***	Imp DAM
										**	***	Pan Sch
											n.s.	Pan DAK

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

Tab. 5.13

(DAK = Dual-Arch Kunststoff, DAM = Dual-Arch Metall, i L = individueller Löffel, Sch = Schreinemakers Löffel)

In Tabelle 5.13 wird deutlich, dass die Abformung mit **Dimension Penata H Quick** und Dual-Arch Kunststofflöffeln signifikant besser als die restlichen Serien abschnitt. Dual-Arch Metall Abformträger mit **Impregum** abgeformt ergaben signifikant schlechtere Ergebnisse als alle anderen Kombinationen.

Ergebnisse des paarweisen Mann-Whitney U-Tests für die einzelnen Abformlöffel:

indiv. Löffel	Schreinemakers	Dual-Arch-Kunststoff	
***	*	***	Dual-Arch-Metall
	***	*	indiv. Löffel
		***	Schreinemakers

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

Tab. 5.14

Die für Abb. 5.18 beschriebenen Ergebnisse stellten sich auch jeweils nach paarweisem Signifikanztest als signifikante Unterschiede dar (Tab. 5.14).

Ergebnisse des paarweisen Mann-Whitney U-Tests für die einzelnen Abformverfahren:

Einphasen	Doppelmisch	
***	***	Korrektur
	***	Einphasen

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

Tab. 5.15

Die für Abb. 5.19 beschriebenen Ergebnisse stellten sich auch jeweils als signifikante Unterschiede dar (Tab. 5.15). Hierbei war immer $p < 0,001$.

ERGEBNISSE

Ergebnisse des paarweisen Mann-Whitney U-Tests für die einzelnen Abformmaterialien:

Honigum	Impregum	Panasil	
n.s.	n.s.	*	Dimension
	n.s.	*	Honigum
		**	Impregum

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

Tab 5.16

Die für Abb. 5.20 beschriebenen Ergebnisse stellten sich auch jeweils als signifikante Unterschiede dar (Tab. 5.16), wenngleich dies nur eine Signifikanz von $p < 0,05$ aufwies.

6 Diskussion

Ziel dieser Untersuchung war es, das Dual-Arch System hinsichtlich der Dimensionstreue mit den etablierten Methoden respektive konventionellen Löffel zu bewerten. Zusätzlich zur Betrachtung der Dimensionsveränderungen wurden die okklusalen Veränderungen des Dual-Arch-Systems mit denen etablierter Methoden verglichen. In der Literatur wurde dieses Thema bisher nur selten und unvollständig beschrieben.

Nach jeweils zehnmaliger Abformung mit Dual-Arch Abformträgern aus Metall und Kunststoff und als Vergleich mit Schreinemakers und individuellen Löffeln unter Verwendung verschiedener Abformmaterialien ergaben sich gegenüber dem Urmodell – wie erwartet - veränderte Messstrecken. Entgegen der Erwartung sind die Ergebnisse jedoch positiv zu bewerten, d.h. es waren teilweise keine oder nur geringfügige Unterschiede zu konventionellen Abformlöffeln festzustellen. Zum gleichen Ergebnis kamen allerdings auch schon *Davis und Mitarbeiter* (47), die im Vergleich zu individuellen Löffeln sogar geringere Abweichungen bei Verwendung von Dual-Arch Abformträgern feststellten.

Die meisten Strecken wurden im Sinne einer Vergrößerung wiedergegeben. Dies stimmt mit früheren Untersuchungen bezüglich der Veränderungen des Pfeilerabstands überein (25, 57). Allerdings sind diese Ergebnisse nur bedingt vergleichbar, da es sich bei den hier bewerteten Untersuchungen um Messstrecken innerhalb einzelner Zähne handelte. In anderen Studien, in denen einzelne Zähne untersucht wurden, waren die Werte oft uneinheitlich, so dass vom Abformmaterial abhängig vergrößerte bzw. verkürzte Strecken ermittelt wurden (64, 65).

Als Ursache für Vergrößerungen der Dimensionen ist zuerst einmal die Expansion des Gipses zu nennen. Diese ist im Größenbereich von etwa 0,1% linear anzunehmen. Die maximale Expansion von dem hier verwendeten Typ IV Superhartgipsen beträgt 0,15% linear (24). Desweiteren kann es durch Deformationen des Löffels zu Veränderungen des resultierenden Modells kommen (2, 7). Diese Veränderungen können sich sowohl in Vergrößerungen als auch in Verkleinerungen von verschiedenen Messstrecken innerhalb der Modelle auswirken.

Weitere Möglichkeiten für die Wiedergabe von größeren Modellen respektive der Messstrecken ist die Kontraktion der Abformmaterialien beim Abbindevorgang. Durch die innige Haf-

tung des Abformmaterials am Löffel kann sich die Schrumpfung nur in Richtung des Löffels vollziehen (24), woraus wiederum eine Vergrößerung der Hohlform resultiert. Diese Polymerisationsschrumpfung liegt bei Polyethergummis etwas höher als bei A-Silikonem (61). Hinzu kommt die Schrumpfung der Materialien bei Lagerung. Die Dimensionsveränderungen der Abformmassen nach 24 Stunden werden für die verwendeten Materialien von den Herstellern wie folgt angegeben:

Panasil putty: -0,25% linear, **Dimension Penta H Quick:** -0,1% linear,

Impregum Penta: -0,3% linear, **Honigum Mixstar Mono:** $\leq 0,4\%$ linear.

Nach Ergebnissen von *Wirz und Mitarbeitern* liegt das freie Volumenverhalten bei A-Silikonem etwas günstiger als beim Polyethergummi (58, 59). Dies entspricht den von den Herstellern angegebenen Werten.

Auch durch den Verlust der Haftung des Abformmaterials vom Löffel kann es zu Verkleinerungen oder Verzerrungen der Modelle im Vergleich zum Original kommen (27).

Allerdings beeinflussen die oben genannten Faktoren alle Abformungen mit den jeweils verschiedenen Löffeln in etwa gleicher Weise, so dass im Vergleich der einzelnen Serien kein Nachteil entsteht.

6.1 Messstrecken des Prämolaren (Teilkronenpräparation) und des 1. Molaren (Inlaypräparation) / (siehe dazu Abb. 4.3 Seite 20)

Aufgrund der Ähnlichkeit der Ergebnisse dieser beiden Präparationsformen wurden diese Zähne bei der Diskussion gemeinsam betrachtet.

Es war auffällig, dass es in mesio-distaler Dimension tendenziell zu einer Vergrößerung und in bukkio-lingualer Dimension eher zu einer Verkürzung der Messstrecken kam. Zu gleichen Ergebnissen kamen aber auch schon *Davis und Mitarbeiter* (47). Zu gegenteiligen Ergebnissen kamen *Biffar und Pfaller* (57), die eine Vergrößerung der Distanz in transversaler Dimension und Verkürzung der sagittalen Dimension feststellten. Allerdings wurden hierbei Messstrecken innerhalb eines gesamten Modells und nicht einzelner Zähne betrachtet, so dass eine Übertragung der Werte nur bedingt möglich ist. *Rehberg und Schwickerath* ermittelten eine Vergrößerung von Messstrecken innerhalb von Inlay-Kavitäten im Vergleich zum Original, wenngleich diese nur sehr gering ausfielen (63).

Bei Betrachtung der mesio-distalen Veränderungen waren vor allem die Strecken F-I des Prämolaren und J-M des 1. Molaren zu betrachten. Hierbei waren die Ergebnisse der beiden Zähne nicht ganz übereinstimmend. Während die Modelle im Bereich der Strecke J-M des 1. Molaren alle vergrößert dargestellt waren, war die Veränderung der vergleichbaren Strecke F-I des Prämolaren uneinheitlich. Sie reichte von 0 bis -0,5% Interquartilabstand bei Verwendung eines individuellen Löffels und bis zu 0 bis 0,6% Interquartilabstand bei Verwendung von Schreinemakers Löffeln. Dies entspricht einer Veränderung von bis zu -27 µm bzw. +32 µm im Vergleich zum Urmodell. Die Veränderungen bei Verwendung des Dual-Arch-Systems lagen dazwischen. Im Falle der Strecke J-M des 1. Molaren war die geringste Abweichung bei Verwendung von Schreinemakers Löffeln mit etwa + 0,1% zu verzeichnen. Dies entspricht einer Vergrößerung der Strecke um 9 µm. Die Verwendung von Dual-Arch Metalllöffeln ergab Vergrößerungen von 0,3 bis 0,6%, was im Falle der Strecke J-M 27 µm bis 54 µm Verlängerung ausmacht. *Davis und Mitarbeiter* (47) geben eine Vergrößerung von 0,28% in mesio-distaler Richtung für Verwendung von Dual-Arch Metall- und Kunststofflöffeln an.

In mesio-distaler Dimension ist eine wertende Aussage bezüglich der Verwendung unterschiedlicher Löffel daher nur schwierig zu treffen. Dual-Arch Abformträger scheinen aller-

dings in mesio-distaler Richtung keine nachteiligen Veränderungen gegenüber herkömmlichen Löffeln aufzuweisen.

Die Veränderungen in bukkio-lingualer Richtung waren anhand der Strecken N-Q des 1. Molaren und A-C bzw. B-C des Prämolaren gut ersichtlich, wobei A-C und B-C nicht eindeutig in bukkio-lingualer Richtung verlaufen und deshalb die Darstellung von N-Q sinnvoller war. Dabei lagen die Verkürzungen der Strecken bei Verwendung von individuellen und Schreinemakers Löffeln im Bereich von 0 bis -0,4%, während durch Benutzung von Dual-Arch Kunststoff Löffeln eine Verkürzung von -0,1 bis -1,0% resultierte. Die Werte für die Metall-Variante lagen bei 0 bis -0,7%. Dies entspricht Veränderungen um bis zu -17 µm bei individuellen und Schreinemakers Löffeln, -30 µm bei Dual-Arch Metall und -43 µm bei Dual-Arch Kunststoff. Die Verkürzung der bukkio-lingualen Strecke N-Q war also bei Verwendung von Dual-Arch Abformträgern um zwei bis drei Mal größer als bei Benutzung von Schreinemakers oder individuellen Löffeln. *Davis und Mitarbeiter* geben für die bukkio-linguale Richtung Verkürzungen im Bereich von -0,03% bei Metall Dual-Arch Löffeln und -0,11% bei Kunststoff Dual-Arch Löffeln an. Diese Werte entsprechen also in Bezug auf die Verkürzung denen bei dieser Arbeit ermittelten. Allerdings ist die Verringerung der bukkio-lingualen Dimension bei den Untersuchungen von *Davis und Mitarbeitern* wesentlich kleiner. Dies ändert jedoch nichts an der allgemeinen Aussage. Ursächlich für diese Verkürzung ist möglicherweise die geringe Steifigkeit dieser Löffel, so dass diese bei Kontraktion des Abformmaterials keinen ausreichenden Widerstand gegen Verformung leisten. Bedingt durch die U-Form setzt der Dual-Arch Abformträger transversal wirkenden Kräften relativ wenig Widerstand entgegen. Dieser Effekt müsste nach mesial, d. h. zur offenen Seite des U's hin zunehmen, da hier die Auslenkung größer ist. Mesial müssten diese Streckenverkürzungen also stärker ausgeprägt sein als distal. Auf die drei abgeformten Zähne bezogen trifft dies nur teilweise zu, da die Beträge der Abweichungen des Prämolaren denen des 1. Molaren entsprechen. Diese sind jedoch deutlich höher als die Messstreckenveränderungen innerhalb des 2. Molaren.

Die genaue Beschreibung der Veränderungen der Modelle im Vergleich zum Urmodell ist jedoch aufgrund der Komplexität der abgeformten Präparationen äußerst schwierig. Es ist also nicht ausreichend nur die bukkio-linguale und mesio-distale Veränderung der einzelnen Messstrecken zu betrachten. In Abb. 5.1.5, 5.1.6, 5.1.11 und 5.1.16 wurde versucht, diese Änderungen in einer Schemazeichnung zu konkretisieren. Es ist ersichtlich, dass es in bukkio-

lingualer Richtung zwar in okklusal gelegenen Strecken zu einer Verkürzung kam, allerdings in diagonal-lingualer Richtung von okklusal nach zervikal zu einer Vergrößerung. Dies wird anhand der Messstrecken A-H und B-G deutlich. Diese Unterschiede sind wohl mit der dreidimensionalen Verzerrung der Modelle erklärbar, die nicht ohne weiteres mit der Beschreibung einzelner Messstrecken darzustellen ist.

Welche Abweichungen im Bereich der klinischen Toleranz liegen, ist aufgrund einzelner Messstrecken ebenfalls kaum beurteilbar. Festzustellen ist jedoch, dass unter Verwendung von individuellen und Schreinemakers Löffeln geringere Abweichungen bezüglich der Beträge aller Streckenabweichungen vom Urmodell zu erwarten sind. Ob die größeren Veränderungen der Modelle bei Verwendung von Dual-Arch Abformträgern klinisch zum Tragen kommen, bleibt noch unklar. Für Kronenpräparationen ist beispielsweise eine geringfügige Vergrößerung des Stumpfes sogar erwünschenswert (41), während Verkleinerungen dazu führen, dass die Krone beim Einsetzen nicht bis in die Endpassung gebracht werden kann. Dadurch entsteht ein Höhenversatz, der zu okklusalen Störungen führt.

Bei Durchführung der Korrekturtechnik resultierten fast ausschließlich Verkürzungen der Strecken im Vergleich zu denen des Urmodells. Dies ist jedoch in der Literatur vielfach beschrieben und hier nicht verwunderlich (35, 38, 39, 50, 51, 61). Bei Betrachtung der Abweichungen der Beträge zum Urmodell schnitt diese Technik bei Abformung von Inlays und Teilkronen jedoch nicht schlechter ab.

6.2 Messstrecken des 2. Molaren (Kronenpräparation) / (siehe dazu Abb. 4.3 Seite 20)

Im Unterschied zu den Ergebnissen der beiden anderen Zähne schnitt der Dual-Arch Kunststoff Löffel bezogen auf den 2. Molaren nicht schlechter als der Schreinemakers oder individuelle Löffel ab. Ob dies eher auf die weniger komplexe Form der Kronenpräparation oder auf die später näher beschriebene Lage des Stumpfes bei der Abformung zurückzuführen ist, lässt sich hier kaum beurteilen. Die Veränderungen der Beträge der Gesamtstrecken innerhalb des 2. Molaren lagen bei Verwendung des Dual-Arch Metall Abformträgers allerdings signifikant höher als die der anderen Löffel. Dies ist besonders bei Betrachtung der einzelnen Strecken ersichtlich.

In bukkal-lingualer Richtung lagen die Veränderungen bei Verwendung des Dual-Arch Kunststoff Löffels, des individuellen Löffels und des Schreinemakers Löffels allgemein in kleinem

Rahmen. Dies ist bei Betrachtung der Strecken T-X und U-W ersichtlich, wobei die Werte für T-X leicht vergrößert gegenüber denen des Urmodells waren. Die Abweichung betrug ungefähr 0 bis 0,3%, was einer Streckenvergrößerung von etwa 0-25 µm entspricht. Hingegen war bei Verwendung des Dual-Arch Metall Abformträgers bei beiden Strecken eine deutliche Vergrößerung zu ersehen. Sie lag etwa im Bereich von 0,4-0,6% Interquartilabstand, was einer vergrößerten Wiedergabe von etwa 30 µm bis 46 µm entspricht.

Auffällig ist jedoch, dass gegen die allgemeine Tendenz der vergrößerten Wiedergabe der Strecken in dieser Richtung die mit Modellen bei Durchführung der Korrekturtechnik und die bei der Verwendung von individuellen Löffeln mit **Impregum** verkürzte Strecken ergaben. Dies war im Falle der Korrekturtechnik in nicht unerheblichem Rahmen von 0,5-1,1% Interquartilabstand, woraus eine rechnerische Verkürzung von bis zu 86 µm entsteht. Zu gleichen Ergebnissen kamen jedoch auch schon *Bader* und *Setz* (38) und *Dumfahrt* und *Schäffer* (35). Bezüglich der Verwendung von Polyethermaterialien sind die in der Literatur ermittelten Werte uneinheitlich (38, 41, 47).

Die Veränderungen in mesio-distaler Richtung bewegten sich etwa im Rahmen von $\pm 0,3\%$ Interquartilabstand, was einer Streckenveränderung von ungefähr 26 µm entspricht. Hierbei ist kein grundlegender Unterschied zwischen den einzelnen Abformlöffeln ersichtlich.

Während die Veränderungen des Stumpfes sowohl bei Dual-Arch Kunststoff Löffeln als auch bei individuellen und Schreinemakers Löffeln in transversaler und longitudinaler Dimension in etwa gleich war, kam es bei den Modellen der Dual-Arch Metall Serien relativ zu stärkeren Vergrößerungen in transversaler Richtung. Im Gegensatz zu konventionellen Löffeln fand hier also eine leichte Verzerrung des gesamten Stumpfes statt. Das schlechtere Abschneiden der Dual-Arch Metall Abformträger scheint also durch die größere Abweichung in transversaler Richtung begründet zu sein. Hierbei ist eine Überlegung, dass es bei der Abformung zu einer Verkürzung des Löffels in bucco-lingualer Dimension kommt. Dies ist möglicherweise durch das Aufbeissen auf das Netz während der Abformung erklärbar. Nach Entfernung des Abformträgers stellt sich der Löffel dann wieder teilweise zurück, wodurch es zu Verzerrungen innerhalb der Abformung kommt. Das diese Veränderung verstärkt im Falle der Metall Variante des Dual-Arch Löffels auftritt, liegt eventuell daran, dass dieser für eine Rückstellung ausreichend Spannung besitzt, während der Kunststofflöffel wesentlich elastischer ist und die Spannung des Löffels für die Rückstellung nur in kleinem Rahmen ausreicht.

In der Literatur sind Veränderungen des Stumpfdurchmessers beschrieben, die für A-Silikone bei Verwendung konventioneller Löffel bei $\pm 0,3\%$ (38), $-0,22\%$ (35) liegen und bei Verwendung individueller bei 0% Abweichung vom Originalmodell (41). *Davis und Mitarbeiter* (47) ermittelten Abweichungen in mesio-distaler Richtung von 0% für individuelle Löffel und 0,28% Vergrößerung bei Verwendung von Dual-Arch Metall und Kunststoff Abformträgern.

Die bei dieser Untersuchung ermittelten Werte liegen also in etwa im Bereich, die in früheren Studien gefunden wurden. Allerdings ist bei Betrachtung des Durchmessers in der Regel die Unterscheidung von zervikalem und okklusalem Durchmesser gemacht worden (35, 62), was den Vergleich zu den hier ermittelten Messstrecken erschwert.

Grundsätzlich fällt bei Betrachtung der Messstrecken innerhalb des 2. Molaren auf, dass die Veränderungen der Modelle gegenüber dem Urmodell wesentlich kleiner ausfielen als bei denen des Prämolaren und 1. Molaren. Dies bezieht sich sowohl auf die Veränderungen bei Verwendung von individuellen bzw. Schreinemakers Löffeln als auch auf diese bei Einsatz der Dual-Arch Abformträger. Die Dimensionsveränderung bei Betrachtung der Kronenpräparation des 2. Molaren lag im Bereich um 0,3%, während innerhalb des 1. Molaren und des Prämolaren Werte in der Größenordnung von 0,5% für individuelle und Schreinemakers Löffel und sogar 0,7% für Dual-Arch Abformlöffel gemessen wurden.

Dies könnte sowohl in der komplexeren Form von Inlays und Teilkronen begründet sein, als auch, bei Abformung mit Hilfe eines Dual-Arch Abformträgers, von der Lage des abzuförmenden Zahnes innerhalb des Löffels. Je weiter distal sich ein Zahn bei der Abformung befindet, um so näher liegt dieser am Bogen, d.h. dem geschlossenen Ende, des U's, an dem der Löffel in transversaler Richtung weniger leicht verformbar ist. Außerdem ist hier der Weg der Auslenkung bei transversaler Belastung geringer als am offenen Ende des U's.

Der Vergleich der einzelnen Abformmaterialien untereinander ergab etwas größere Veränderungen der Messstrecken bei dem Material **Impregum**. Dies war aber nur bei dem 1.- und 2. Molaren signifikant. Ansonsten war kein nennenswerter Unterschied unter den Materialien zu verzeichnen.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass Veränderungen vom Original zu Modell stärker von der Wahl des Löffels abzuhängen scheinen als von der Wahl des Abformmaterials, da diese sich in einem sehr engen Bereich zueinander bewegen.

6.2.1 Okklusionsveränderungen

Ebenso wie bei Darstellung der Messstrecken waren auch bei Messung der Okklusionsveränderungen Unterschiede im Vergleich zum Urmodell feststellbar. Überraschend war das sehr gute Abschneiden der Dual-Arch Kunststoff Löffel, bei denen die Zuordnung von Ober- und Unterkiefer am exaktesten möglich war. Vor allem bei Verwendung des Abformmaterials **Dimension Penta H Quick** wurden geringe Abweichungen zur Situation des Urmodells gefunden. Obwohl die Ergebnisse der Dual-Arch Metall Löffel im Vergleich zu den anderen schlechter waren, sind diese Unterschiede nur gering. Dies beweist, dass es bei stabiler Okklusion sehr wohl möglich ist, mit nur jeweils einer Kieferhälfte eine reproduzierbare Zuordnung der Modelle zu erreichen.

Die Gesamtfehler für die Verschiebung der Kondylenmittelpunkte lagen im Bereich von 70 µm bis 260 µm Interquartilabstand. Werte der gleichen Größenordnung fanden schon *Wöstmann und Vehring* (52) bei Übertragung der Kieferrelation durch interokklusale Registrate. *Reiber und Trbola* (60) sind der Meinung, dass Kiefermodelle bei vorhandenen Stützzonen ohne Registrat und manuell zentriert in den Artikulator montiert werden sollten (60). Da dies bei der hier untersuchten Studie der Fall war, ist das manuelle Zuordnen des Ober- und Unterkiefers durchaus gerechtfertigt. Dass die Abweichungen sogar noch kleiner als bei den Modellen der individuellen und Schreinemakers Löffeln waren, liegt möglicherweise an der Tatsache, dass bei Modellen von nur einer Kieferhälfte keine Störungen von der Gegenseite her ausgehen können. Natürlich ist dies nur bei stabiler Okklusion der Fall. Die Indikation der Verwendung von Dual-Arch Abformträgern beschränkt sich aber allerdings ohnehin nur auf Gebissituationen, bei denen ein ausreichender okklusaler Kontakt der Zähne besteht (11). *Parker und Mitarbeiter* (48) fanden ebenfalls exaktere okklusale Beziehungen in maximaler Interkuspidation bei Verwendung von Dual-Arch Abformträgern im Gegensatz zu Abformungen des gesamten Zahnbogens. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass *Parker und Mitarbeiter* die Abformung in maximaler Interkuspidation durchführten und keine manuelle Zuordnung der Modelle erfolgte.

6.4 *Folgerungen*

- Bei Abformung von Kronen sind hinsichtlich der Genauigkeit keine Nachteile von Dual-Arch Kunststoff Abformträgern im Vergleich zu individuellen oder Schreinemakers Löffeln zu erkennen.
- Bei Abformung von Inlays oder Teilkronen werden bei Verwendung konventioneller Abformlöffel genauere Ergebnisse erzielt als mit Dual-Arch Abformträgern.
- Bei stabiler Okklusion ist die Verwendung von partiellen Löffeln der hier beschriebenen Art nicht von Nachteil.
- Die Auswahl des Löffels hat größere Auswirkungen auf die Genauigkeit der Abformung als die Auswahl des Abformmaterials.
- Verwendung von **Dimension Penta H Quick** mit Schreinemakers Löffeln ergibt durchweg sehr gute Ergebnisse.
- Die Veränderungen der Messstrecken bei Abformung von Inlays und Teilkronen sind größer als bei Abformung von Kronen.
- Die Korrekturtechnik zeigt bei Abformung von Kronen deutlich schlechtere Ergebnisse als die anderen Techniken. Bei Abformung von Inlays oder Teilkronen ist die Durchführung der Korrekturmethode in dieser Studie nicht von Nachteil.

Es lässt sich also feststellen, dass der entscheidende Faktor bei Verwendung von Abformmaterialien und Abformlöffeln die richtige Kombination - unter Durchführung der jeweils günstigsten Abformtechnik - ist. Bei der Wahl dieser Kombination spielt die Gebissituation des Patienten eine entscheidende Rolle. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ersichtlich, dass in diesem Bereich bisher noch zu wenig Untersuchungen durchgeführt wurden und hier noch weiterer Handlungsbedarf besteht.

7 Zusammenfassung

Um eine Bewertung der Abformgenauigkeit hinsichtlich der Dimensionstreue und okklusalen Veränderungen von Dual-Arch Abformträgern im Vergleich zu konventionellen Löffeln zu ermöglichen, wurde ein Unterkiefer Urmodell mit den präparierten Zähnen 45 als Teilkronenpräparation, 46 als Inlaypräparation und 47 als Kronenpräparation mehrfach abgeformt. Dabei wurden die Abformungen der Dual-Arch Serien in einem Artikulator bei einer Sperrung von 0,3 mm durchgeführt, wobei Ober- und Unterkiefer gleichzeitig abgeformt wurden. Verwendung fanden die Materialien **Panasil putty soft**, **Honigum Mixstar Mono** und **Dimension Penta H Quick** als A-Silikone und **Impregum** als Polyethermaterial. Pro Serie wurde je zehnmal abgeformt und Modelle aus Superhartgips angefertigt. Mit Hilfe eines Messmakroskops wurden anschließend innerhalb der Modelle vorher definierte Strecken vermessen, die prozentuale Abweichung vom Urmodell graphisch dargestellt und untereinander statistisch verglichen.

Bezogen auf die Kronenpräparation des 2. Molaren war die Abformgenauigkeit der Dual-Arch Kunststoff Abformträger genauso gut wie die der Schreinemakers und individuellen Löffel. In Bezug auf die Genauigkeit bei den Stümpfen des 1. Molaren und des Prämolaren schnitten die Dual-Arch Löffel allerdings schlechter ab, was auch im Falle des Dual-Arch Metall Trägers auf den 2. Molaren zutrifft. Allgemein sind die Veränderungen der Messstrecken bei Abformung von Inlays und Teilkronen größer als bei Abformung von Kronen. Was die okklusalen Veränderungen angeht, waren keine großen Unterschiede feststellbar, wobei die Kunststoff-Variante der Dual-Arch Abformträger etwas besser und die Metall Variante etwas schlechter als die konventionellen Löffel abschnitten. Es ist also auch mit partiellen Löffeln eine genaue Zuordnung von Ober- und Unterkiefer möglich, wenn eine stabile Okklusion besteht.

Bei richtiger Indikationsstellung scheinen Dual-Arch Abformträger insbesondere aus Kunststoff eine zeitsparende und kostengünstige Alternative zu den herkömmlichen Löffeln zu sein.

8 Literaturverzeichnis

- 1 Abformung und Abdruck
Zahnärztl Welt 93, 364-368 (1984)
- 2 Bader, F., Setz, J.
Benetzbarkeit und Wiedergabegenauigkeit von Abformmassen
Dtsch Zahnärztl Z 46, 346-348 (1991)
- 3 Biffar, R., Bittner, B.
Der Einfluß verschiedener Löffelformen auf das Abformergebnis
Dtsch Zahnärztl Z 44, 624-627 (1989)
- 4 Biffar, R., Pfaller, I.
Dimensionsgetreue Wiedergabe eines Restzahnbestandes in Abhängigkeit vom verwendeten Abformmaterial
Quintessenz 40, 1047-1055 (1990)
- 5 Bomberg, T. J., Hatch, R. A., Hoffmann, W.
Impression material thickness in stock and custom trays
J Prosthet Dent 54, 170-172 (1985)
- 6 Borchers, L., Filiz, J., Meyer, W.
Der Einfluß der Stumpfform und einiger Elastizitätskonstanten von Silikonmassen auf die Abformgenauigkeit
Dtsch Zahnärztl Z 39, 764-769 (1984)
- 7 Christensen, G. J.
Obtaining optimum results with 3M impression system. Practical clinical courses.
Provo. Utah (1989)
- 8 Coca, I.
Das Festigkeitsverhalten von Löffelmaterialien
Quintessenz 39, 859-867 (1988)

- 9 Davids, R. D., Schwartz, R. S.
Dual-arch and custom tray impression accuracy
Am J Dent 4, 89-92 (1991)
- 10 Diehl, J. M., Staufenbiel, Th.
Statistik mit SPSS für Windows
Verlag Dietmar Klotz, Eschborn, 1. Aufl. (1997)
- 11 Dumfahrt, H., Schäffer, H.
Zum Dimensionsverhalten bei verschiedenen Abformverfahren mit gummielastischen Massen in der Inlay-, Kronen- und Brückentechnik
Z Stomatol 84, 231-239 (1987)
- 12 Eichner, K., Kappert, H. F.
Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung
Hüthig Heidelberg, 6. Auflage (1996)
- 13 Franz, G.
Über den günstigsten Zeitpunkt zur Wiederverarbeitung auf einem Hartgipsmodell
Dent Labor 28, 217-219 (1980)
- 14 Franz, G.
Hartgipsverarbeitung zur Erzielung präziser Modelle
Dent Labor 29, 65-70 (1981)
- 15 Freesmeyer, W. B., Eisemann, D., Birk, A., Lindemann, W.
Orientierende Untersuchung über die Brauchbarkeit eines vergleichsmikroskopischen Verfahrens zur Bestimmung der Formgenauigkeit von Abformmaterialien
Dtsch Zahnärztl Z 38, 621-625 (1983)
- 16 Gordon, G. E., Johnson, G. H., Drennon, D. G.
The effect of tray selection on the accuracy of elastomeric impression materials
J Prosthet Dent 63, 12-15 (1990)

- 17 Kaplowitz, G. J.
Troubl-Shooting – Dual arch impressions
JADA 127, 234-240 (1996)
- 18 Koerner, G.
Einführende Bemerkungen über die Besonderheiten der Silicone – Chemie
In: Silicone – Chemie und Technologien
Vulkan Essen (1989)
- 19 Körber, K.
Zahnärztliche Prothetik
Thieme, Stuttgart, 4. Auflage (1995)
- 20 Lehmann, K. M.
Abformung und Modell für festsitzenden Zahnersatz
In: Voß, R., Meiners, H. (Hrsg.)
Fortschritte der zahnärztlichen Prothetik und Werkstoffkunde, Bd. 4
Hanser München (1989)
- 21 Lehmann, K. M.
Abformung und Modell für festsitzenden Zahnersatz
In: Voß, R., Meiners, H. (Hrsg.)
Fortschritte der zahnärztlichen Prothetik und Werkstoffkunde, Bd. 3
Hanser München (1987)
- 22 Lehmann, K. M.
Methodik und Systematik der Abformung für festsitzenden Zahnersatz
Zahnärztl Mitt 70, 486-491 (1980)
- 23 Lehmann, K. M., Burgdorf, H. O.
Untersuchungen zu zweizeitigen Abformverfahren für Kronen- und Brücken
(Korrekturabdruck)
Zahnärztl Welt 87, 430-433 (1978)

- 24 Lehmann, K. M., Burgdorf, H. O.
 Untersuchungen zu einzeitigen Abformverfahren für Kronen und Brücken
 (Doppelmischabdruck)
 Zahnärztl Welt 87, 434-435 (1978)
- 25 Lehmann, K. M., Lindemann, J.
 Die Wiedergabe des Pfeilerabstandes bei einer Abformung für festsitzenden
 Zahnersatz
 Dtsch Zahnärztl Z 34, 691-693 (1979)
- 26 Lehmann, K. M., Zacke, W.
 Untersuchungen zur okklusalen Schichtdicke des Korrekturmateri- als bei der
 Korrekturabformung
 Dtsch Zahnärztl Z 38, 220-222 (1983)
- 27 Lehner, Ch. R., Schärer, P.
 Abformmaterialien in der Kronen-Brücken-Prothetik
 Schweiz Monatsschr Zahnmed 101, 629-635 (1991)
- 28 Linke, B. A., Nicholls, J. I., Faucher, R. R.
 Distortion analysis of stone casts made from impression materials
 J Prosthet Dent 54, 794-802 (1985)
- 29 Marcinak, C. F., Draughn, R. A.
 Linear dimensional changes in addition curing silicone impression materials
 J Prosthet Dent 47, 411-413 (1982)
- 30 Marxkors, R.
 Abformung bezahnter Kiefer mit individuellen Löffeln
 Zahnärztl Welt 87, 682-684 (1978)
- 31 Marxkors, R.
 Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik, 2. Aufl.
 Hanser München (1993)

- 32 Marxkors, R.
Abformfehler und deren Vermeidung
Zahnärztl Welt 94, 466-473 (1985)
- 33 Marxkors, R., Meiners, H.
Taschenbuch der zahnärztlichen Werkstoffkunde, 3. Aufl.
Hanser München (1988)
- 34 Meiners, H.
Eigenschaft und Genauigkeit von elastomeren Abformmaterialien (Polysulfide, Silikone, Polyäther)
Zahnärztl Welt 87, 426-430 (1978)
- 35 Meiners, H.
Vergleich der verschiedenen Elastomertypen – Polyadditionssilikone
Zahnärztl Welt 87, 590-591 (1978)
- 36 Millstein, P. L., Hsu, C.-C.
Differential accuracy of elastomeric recording materials and associated weight change
J Prosthet Dent 71, 400-403 (1994)
- 37 Neissen, L. C., Strassler, H., Levinson, P. D., Wood, G., Greenbaum, J.
Effect of latex gloves on setting time of polyvinylsiloxane putty impression material
J Prosthet Dent 55, 128-129 (1986)
- 38 Noonan, J. E., Goldfogel, M. H., Lambert, R. L.
Inhibited set of the surface of addition silicones in contact with rubber dam
Oper Dent 10, 46-48 (1985)
- 39 Parker, M. H., Cameron, S. M., Highbanks, J. C., Reid, D. E.
Comparison of occlusal contacts in maximum intercuspation for two impression techniques
J Prosthet Dent 78, 255-259 (1997)

- 40 Pensler, A. V.
Combined bite update for good impressions
Dentistry today, impression techniques (1988)
- 41 Rehberg, H. J.
Der Abformlöffel – ein wichtiger Faktor für die Abformgenauigkeit
Dent Labor 26, 44-48 (1978)
- 42 Rehberg, H. J., Schwickerath, H.
Die Genauigkeit von Abformung und Modell bei der Inlay-Herstellung
Dtsch Zahnärztl Z 36, 333, (1981)
- 43 Reiber, Th., Trbola, U.
Vergleich der klinischen Okklusion und der Modellokklusion
Dtsch Zahnärztl Z 48, 170-173 (1993)
- 44 Rosen, M., Touyz, L. Z. G., Becker, P. J.
The effect of latex gloves on setting time of vinyl polysiloxane putty impression material
Br Dent J 166, 374-375 (1989)
- 45 Schulze, P. M.
Beschreibende Statistik
Oldenbourg Verlag, 2. Auflage (1994)
- 46 Schwartz, R. S., Davids, R. D.
Accuracy of second pour casts using dual-arch impressions
Am J Dent 5, 192-194 (1992)
- 47 Schwickerath, H.
Konfektionierte und individuelle Löffel
Zahnärztl Mitt 70, 466-470 (1980)

- 48 Schwickerath, H.
Stabilität der Abformlöffel
Zahnärztl Welt 87, 596 - 598 (1978)
- 49 Strub, J.R., Türp, J.C., Witkowski, S., Hürzeler, M.B., Kern, M.
Curriculum Prothetik, Band II
Quintessenzverlag, Berlin (1994)
- 50 Taylor, W. N.
The triple-tray method for restoring battered teeth
Compendium. (1993) Sep; 14(9): 1174, 1176-7
- 51 Voß, R. und Meiners, H.
Fortschritte der Zahnärztlichen Prothetik und Werkstoffkunde
Hanser München, Band 3, (1987)
- 52 Wichmann, M., Borchers, L., Limmroth, E.
Bestimmung der Abformgenauigkeit verschiedener Elastomere mit Hilfe einer 3D-Koordinatenmeßmaschine (Teil 1)
Dtsch Zahnärztl Z 45, 499-502 (1990)
- 53 Wichmann, M., Borchers, L.
Bestimmung der Abformgenauigkeit verschiedener Elastomere mit Hilfe einer 3D-Koordinatenmeßmaschine (Teil 2)
Dtsch Zahnärztl Z 47, 88-91 (1992)
- 54 Wilson, E. G. et al.
Double arch impressions for simplified restorative dentistry
J Prosthet Dent 49, 198-202, (1983)
- 55 Wirz, J.
Klinische Material- und Werkstoffkunde
Quintessenz Bibliothek, Berlin (1993)

- 56 Wirz, J., Naef, V., Schmidli, F.
Moderne Elastomere in neuen Darreichungsformen und Verarbeitungssystemen –
Eine vergleichende Materialprüfung (Teil 1)
Quintessenz 49, 4, 403-409 (1998)
- 57 Wirz, J., Naef, V., Schmidli, F.
Moderne Elastomere in neuen Darreichungsformen und Verarbeitungssystemen –
Eine vergleichende Materialprüfung (Teil 2)
Quintessenz 49, 5, 513-520 (1998)
- 58 Wirz, J., Schmidli, F.
Elastische Rückstellung bei Abformstoffen
Quintessenz 8, 1383-1390 (1987)
- 59 Wirz, J., Schmidli, F.
Haftverbund zwischen Elastomeren und Abformlöffeln
Quintessenz 40, 131-138 (1989)
- 60 Wirz, J., Schmidli, F.
Individuelle Abformlöffel
Schweiz Monatsschr Zahnmed 97, 1417-1422 (1987)
- 61 Wirz, J., Schmidli, F.
Moderne Elastomere – Wichtige physikalische Eigenschaften
Teil I: Material und Methode, Rheogramme
Quintessenz 40, 1151-1156 (1989)
- 62 Wirz, J., Schmidli, F.
Moderne Elastomere – Wichtige physikalische Eigenschaften
Teil II: Elastische Rückstellung und Volumenverhalten
Quintessenz 40, 1151-1156 (1989)
- 63 Wöstmann, B.
Zum derzeitigen Stand der Abformung in der Zahnheilkunde
Habilitationsschrift, Münster (1992)

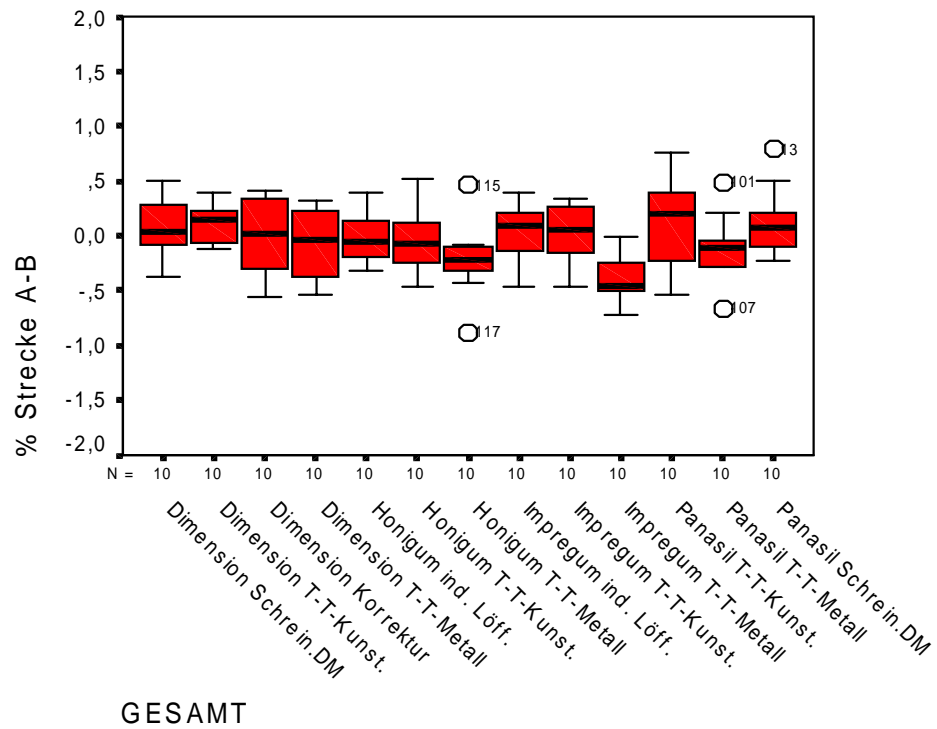
- 64 Wöstmann, B., Vehring, A.
Zur Genauigkeit der Übertragung der Kieferrelation durch verschiedene interokklusale
Registrate in den Artikulator
Dtsch Zahnärztl Z 49, 554-557 (1994)

ANHANG

ANHANG

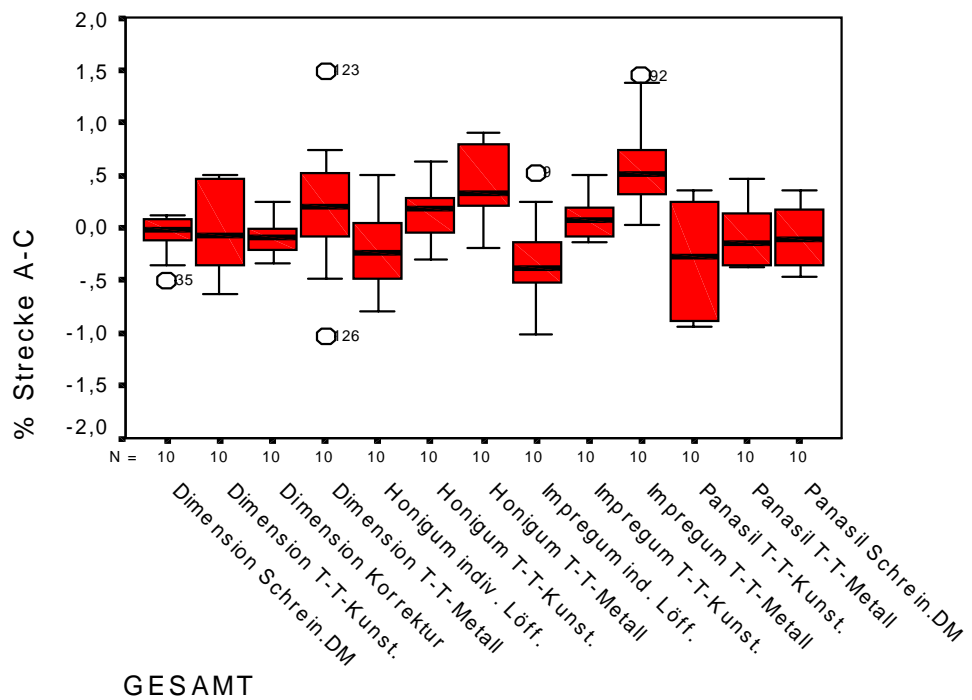
(T-T-Kunst = Dual-Arch Kunststoff, T-T-Metall = Dual-Arch Metall)

A: Prämolare



GESAMT

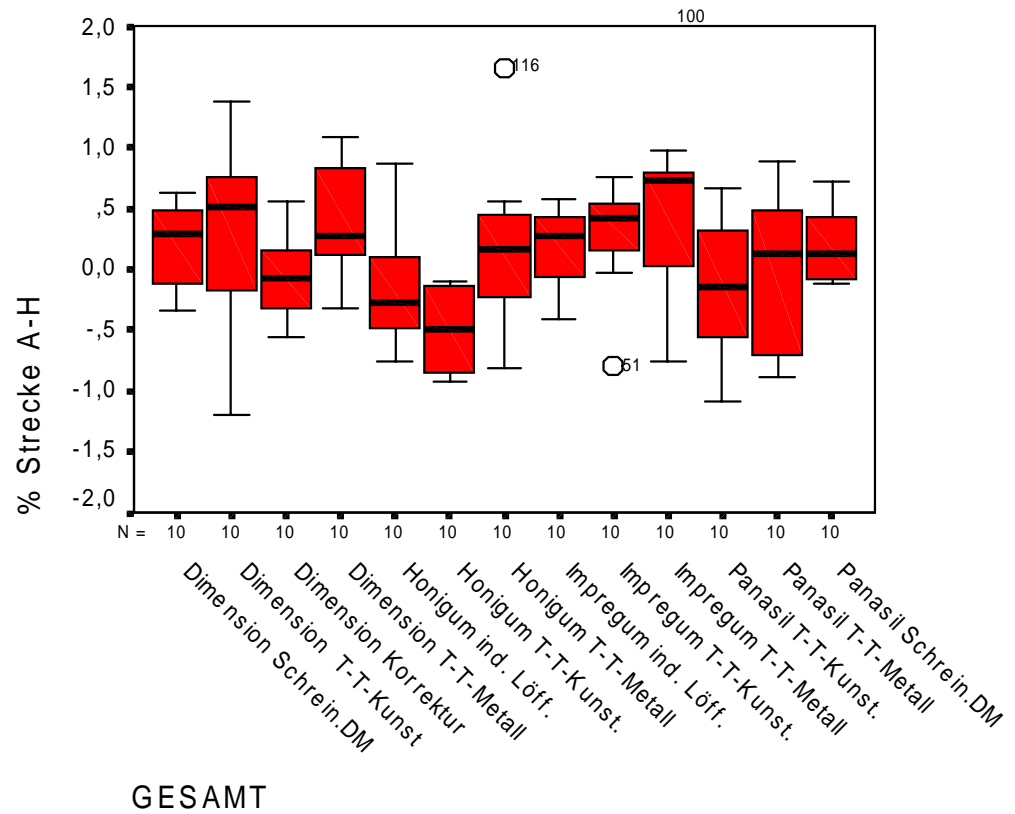
Abb. A.1 Abweichung der Strecke A-B der einzelnen Modelle vom Urmodell in %



GESAMT

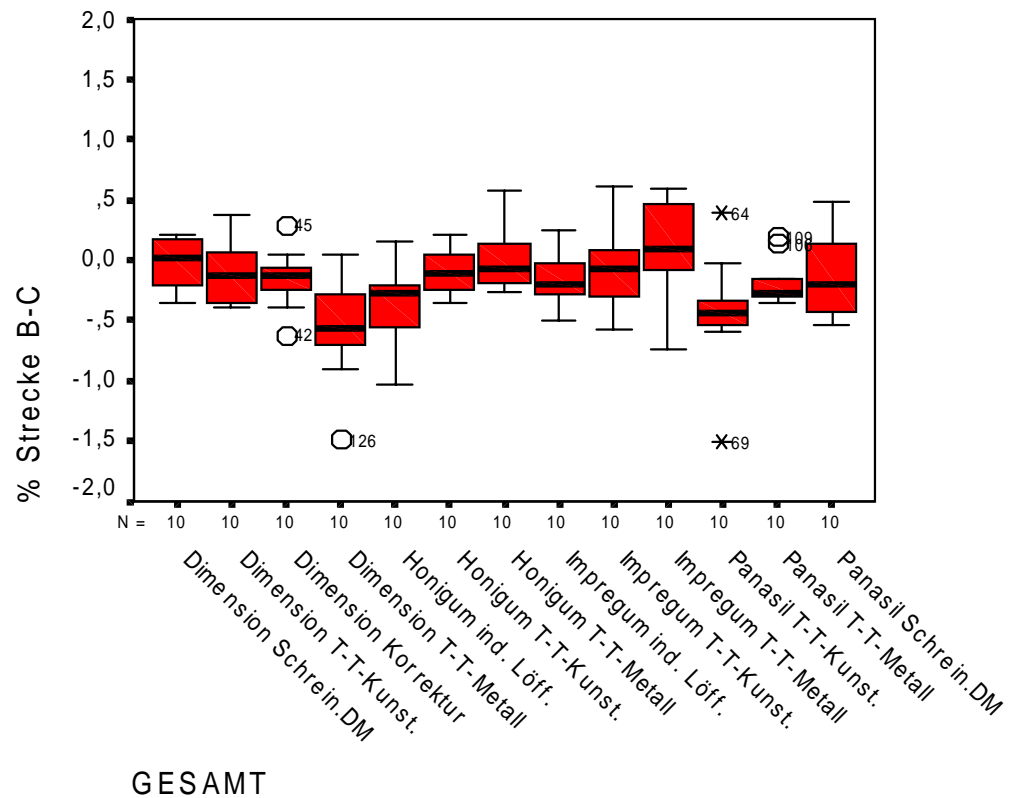
Abb. A.2 Abweichung der Strecke A-C der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

ANHANG



GESAMT

Abb. A.3 Abweichung der Strecke A-H der einzelnen Modelle vom Urmodell in %



GESAMT

Abb. A.4 Abweichung der Strecke B-C der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

ANHANG

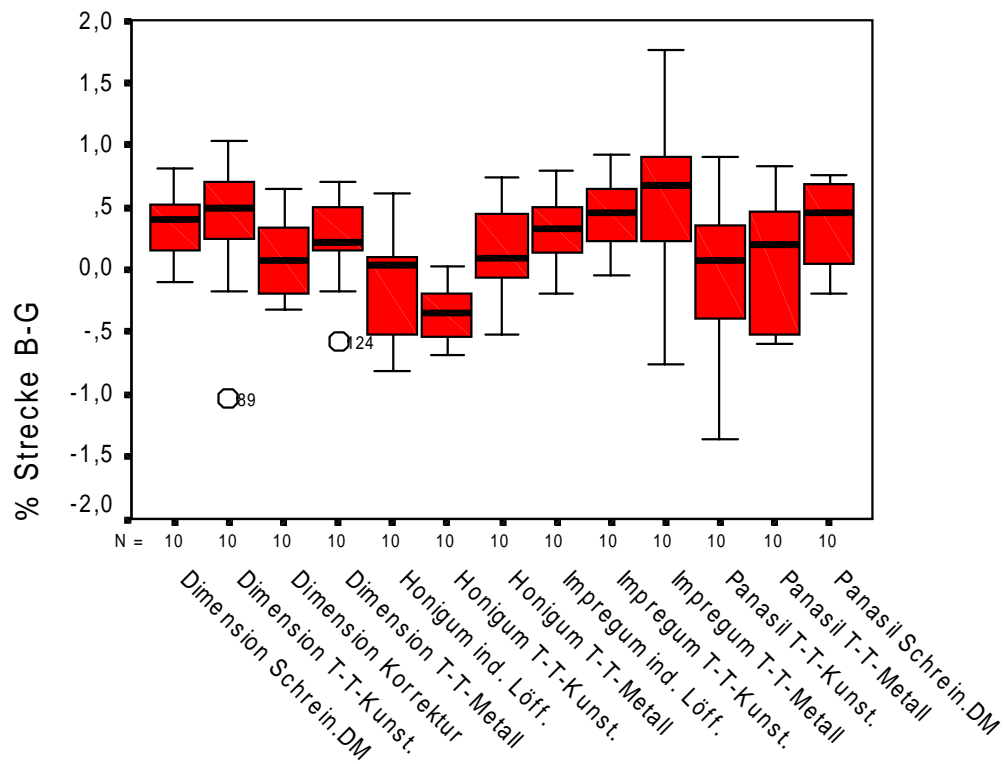


Abb. A.5 Abweichung der Strecke B-G der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

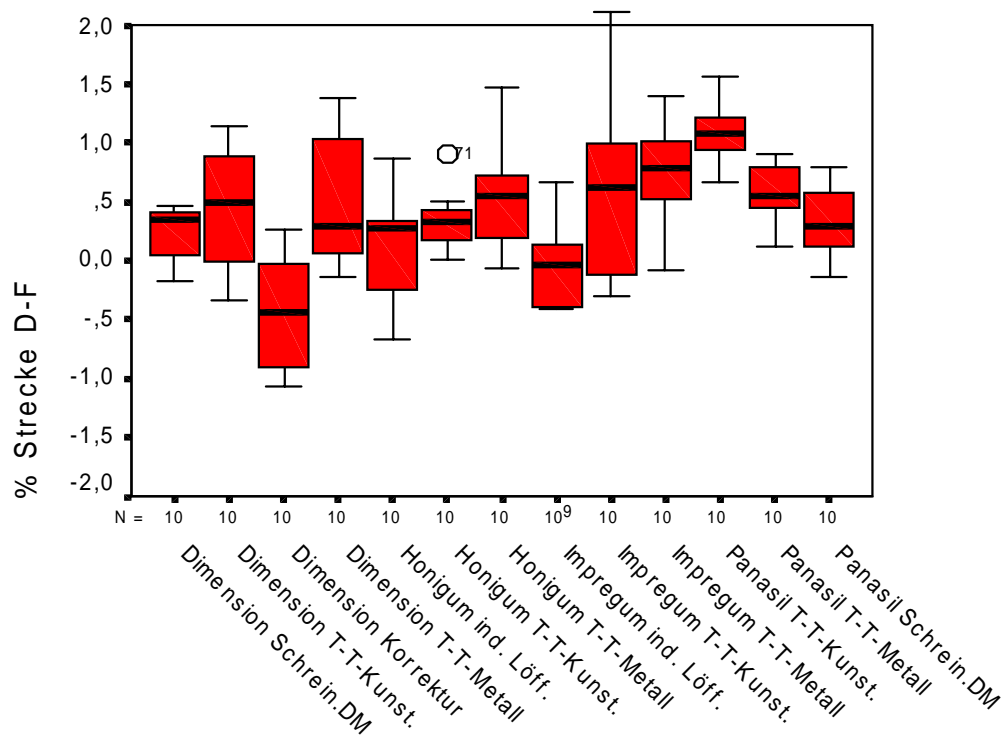
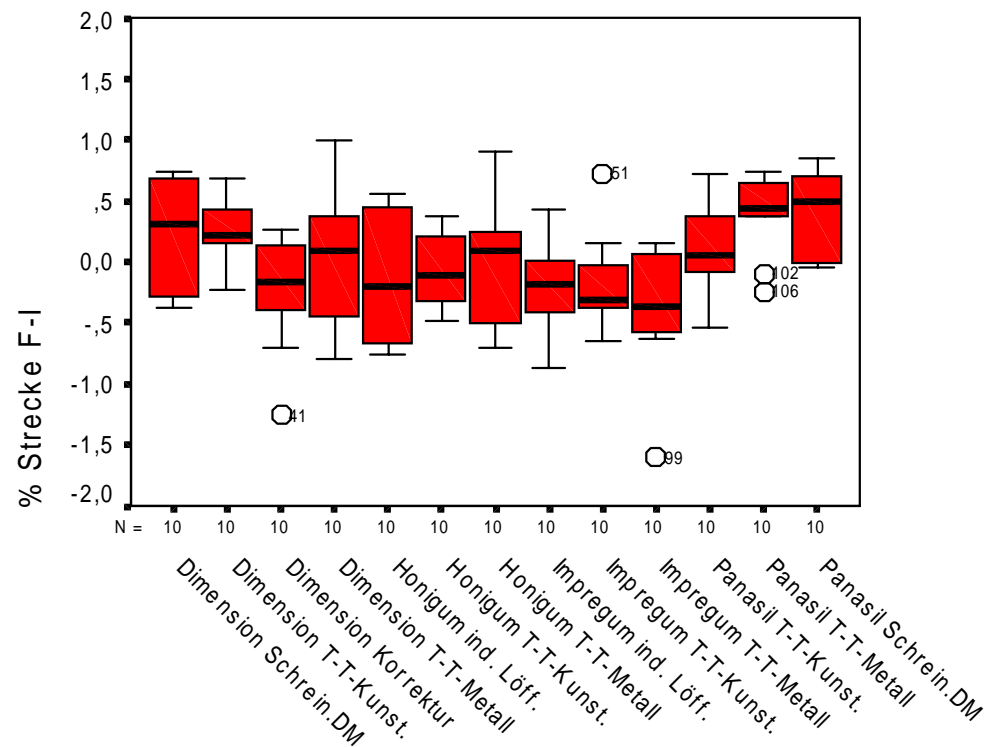


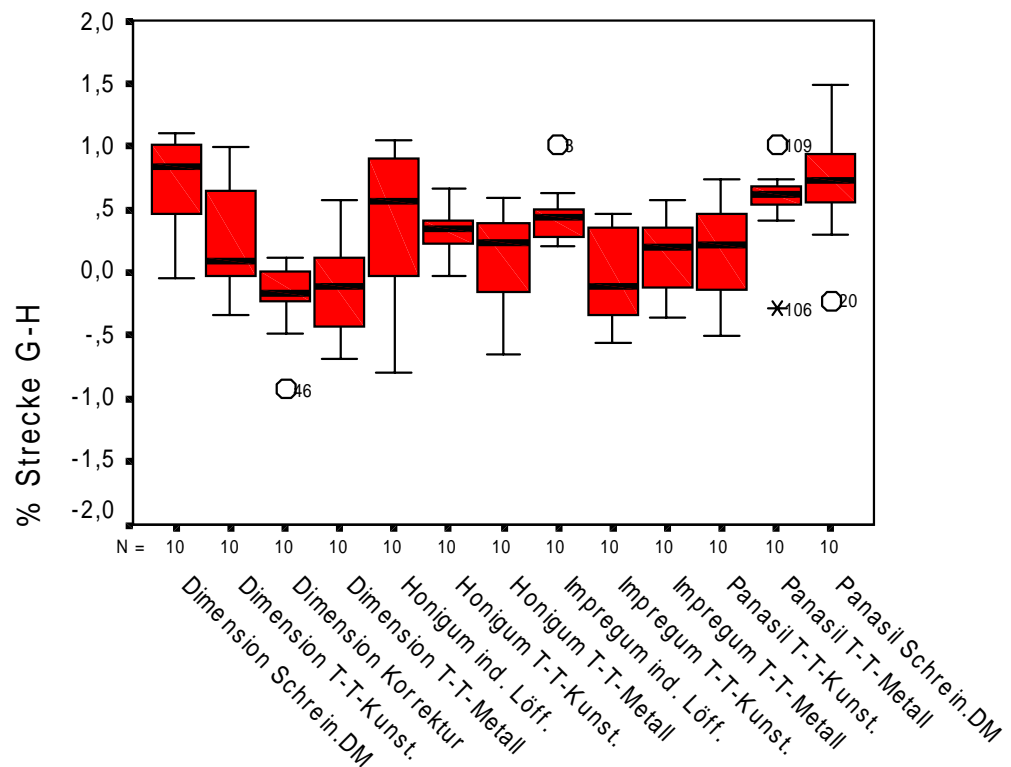
Abb. A.6 Abweichung der Strecke D-F der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

ANHANG



GESAMT

Abb. A.7 Abweichung der Strecke F-I der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

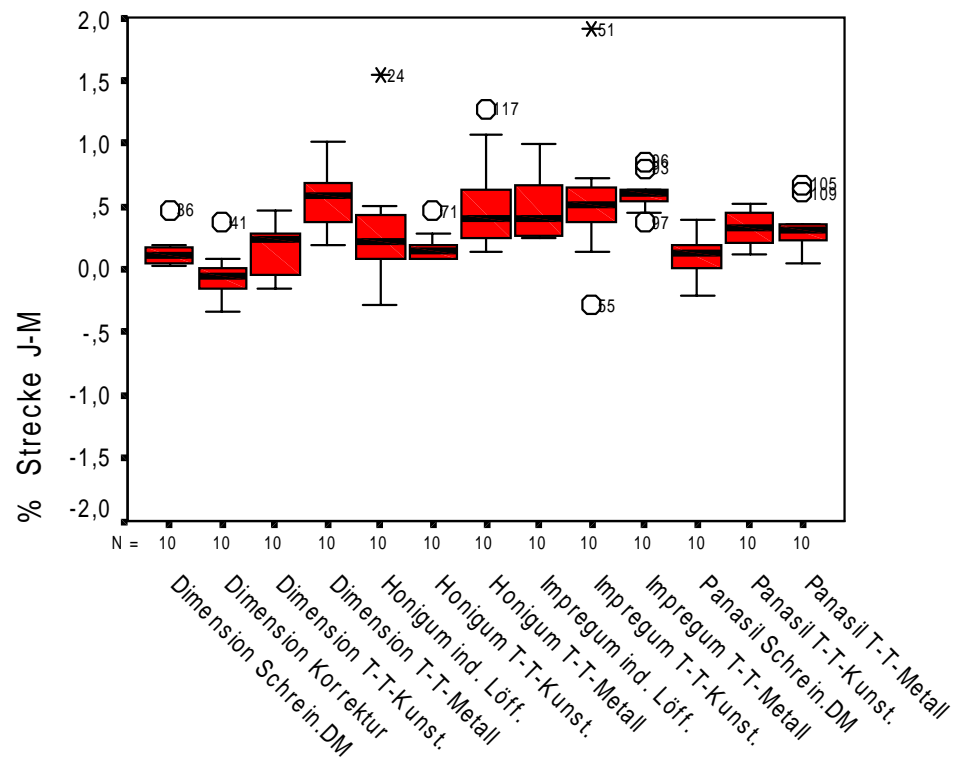


GESAMT

Abb. A.8 Abweichung der Strecke G-H der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

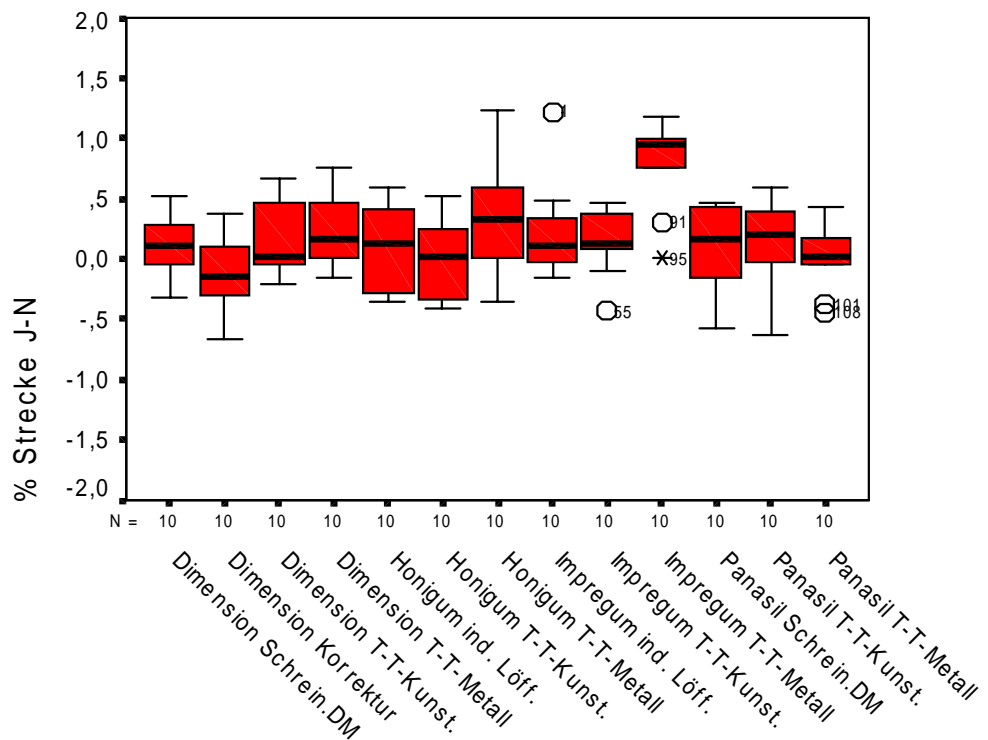
ANHANG

B: 1. Molar



GESAMT

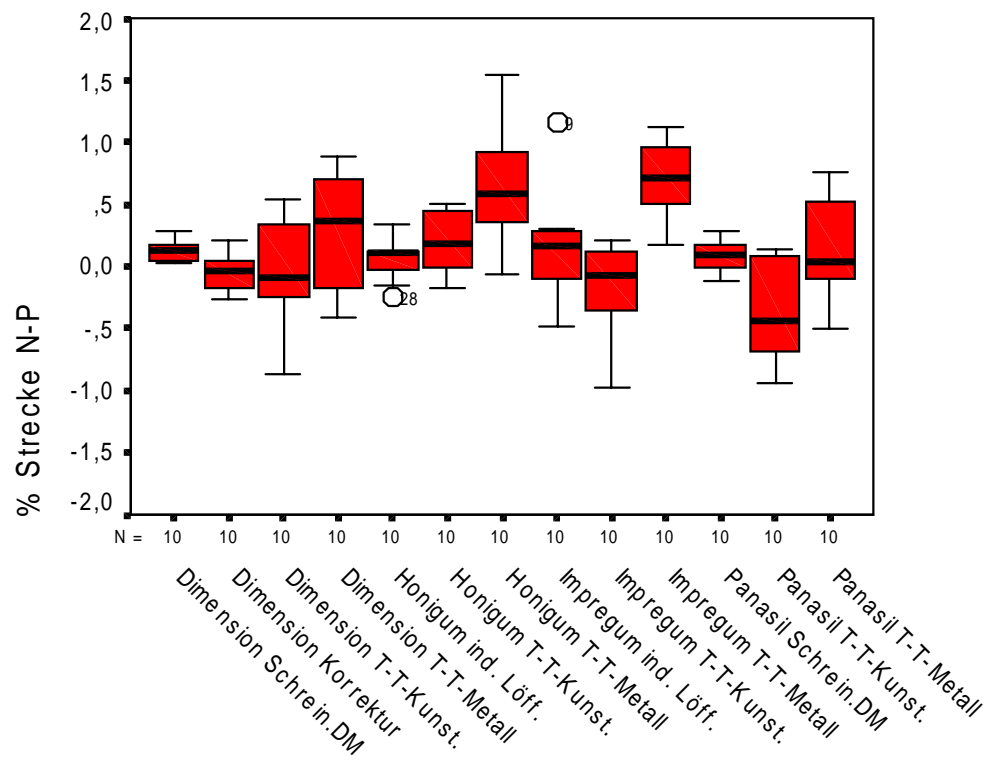
Abb. B.1 Abweichung der Strecke J-M der einzelnen Modelle vom Urmodell in %



GESAMT

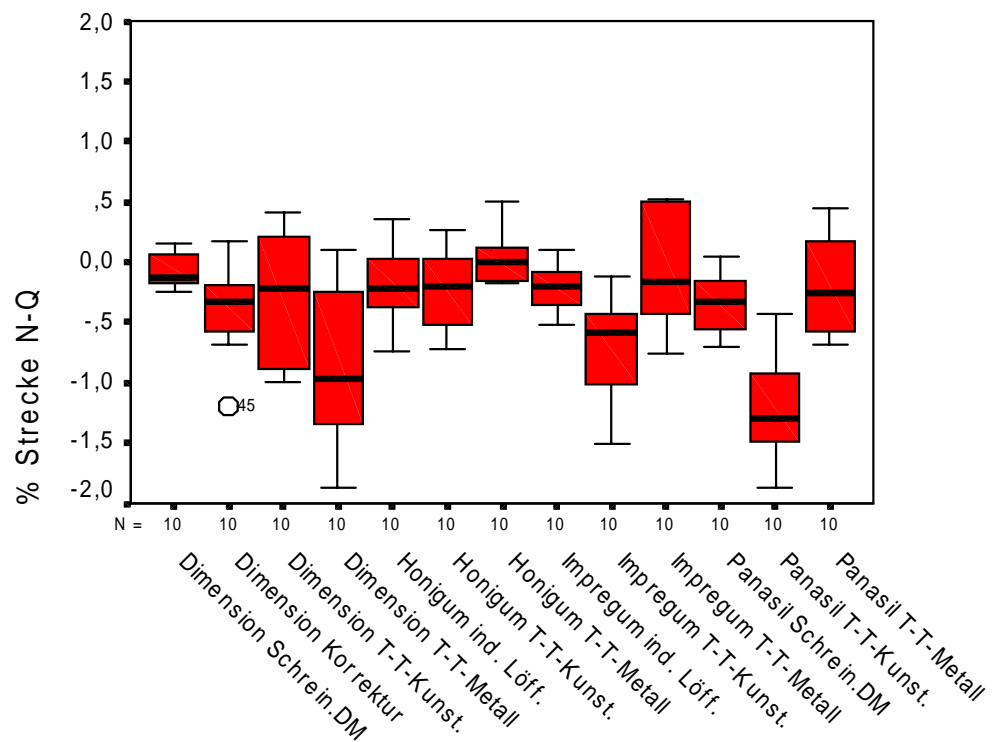
Abb. B.2 Abweichung der Strecke J-N der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

ANHANG



GESAMT

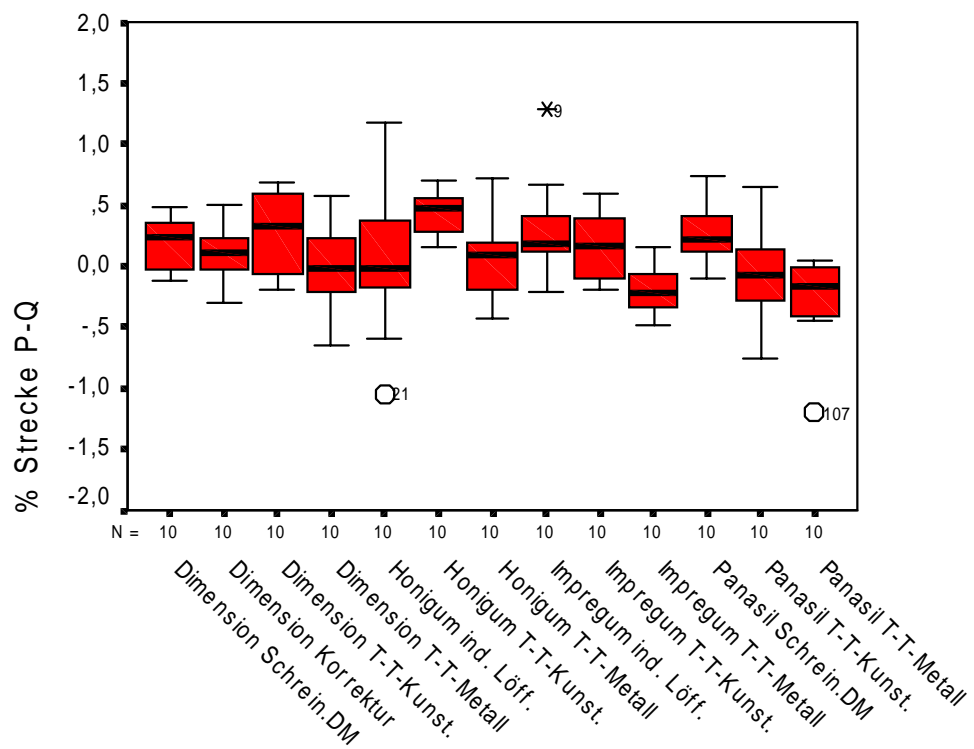
Abb. B.3 Abweichung der Strecke N-P der einzelnen Modelle vom Urmodell in %



GESAMT

Abb. B.4 Abweichung der Strecke N-Q der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

ANHANG

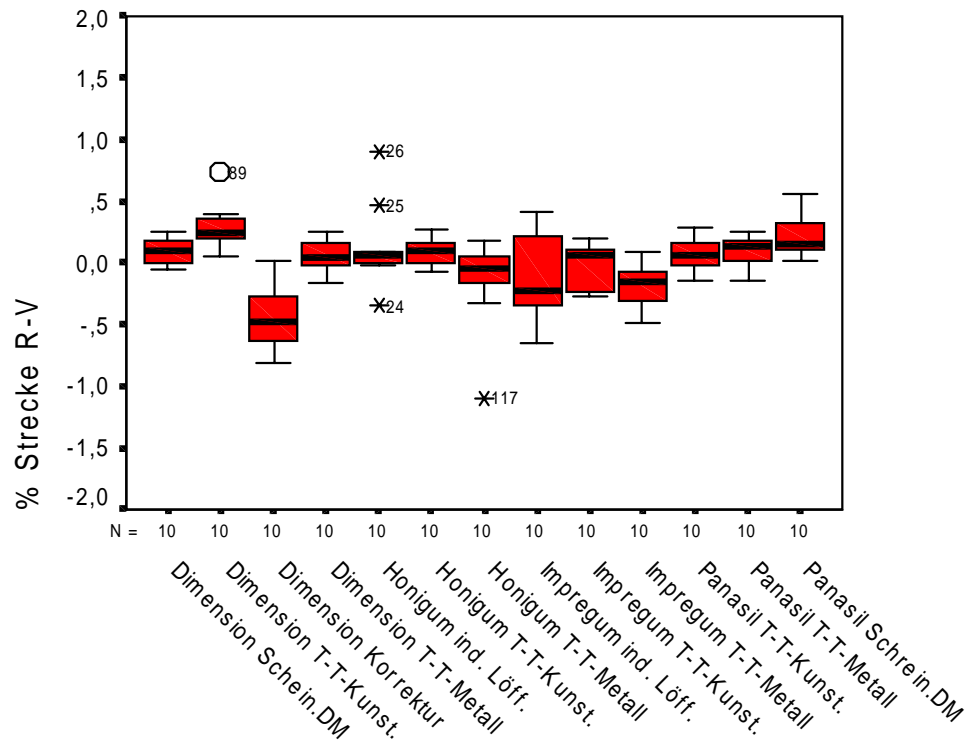


GESAMT

Abb. B.5 Abweichung der Strecke P-Q der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

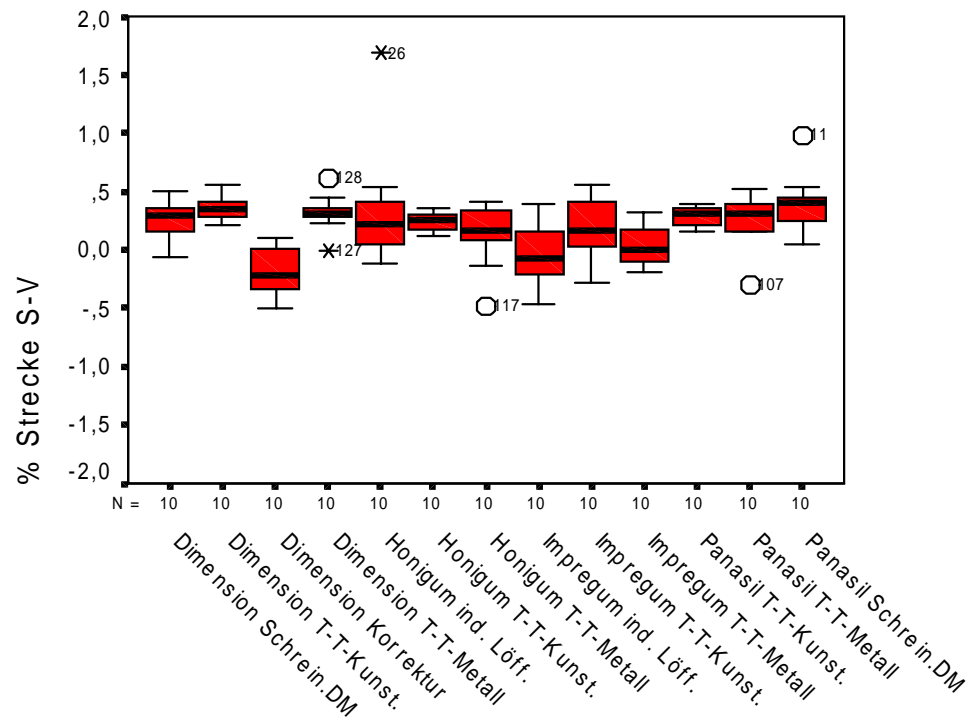
ANHANG

C: 2. Molar



GESAMT

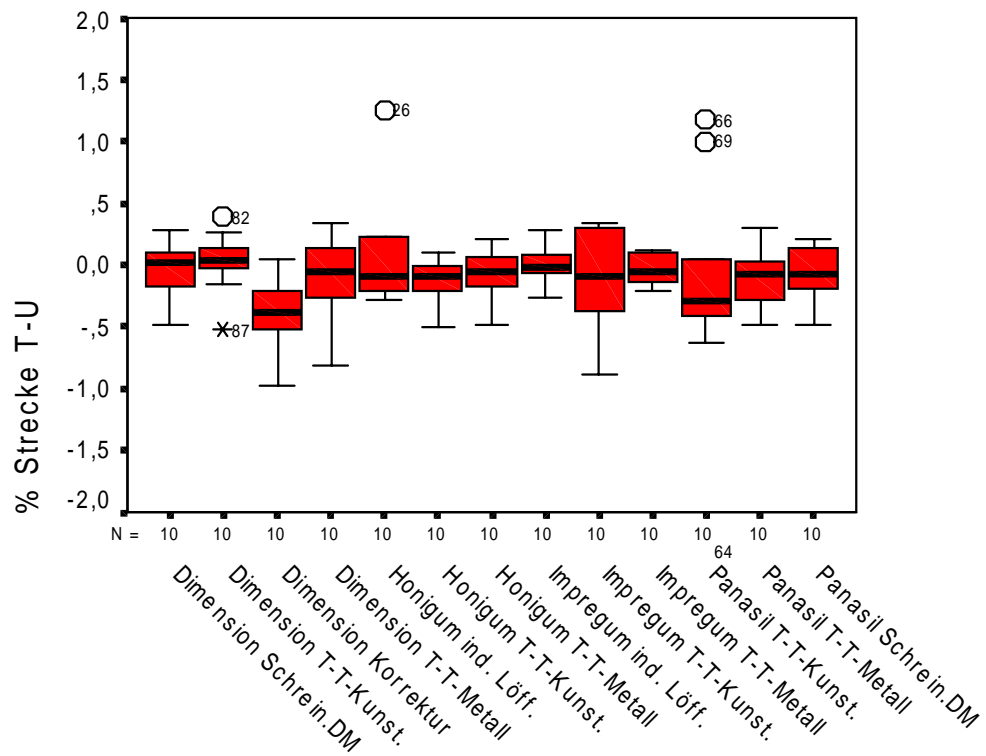
Abb. C.1 Abweichung der Strecke R-V der einzelnen Modelle vom Urmodell in %



GESAMT

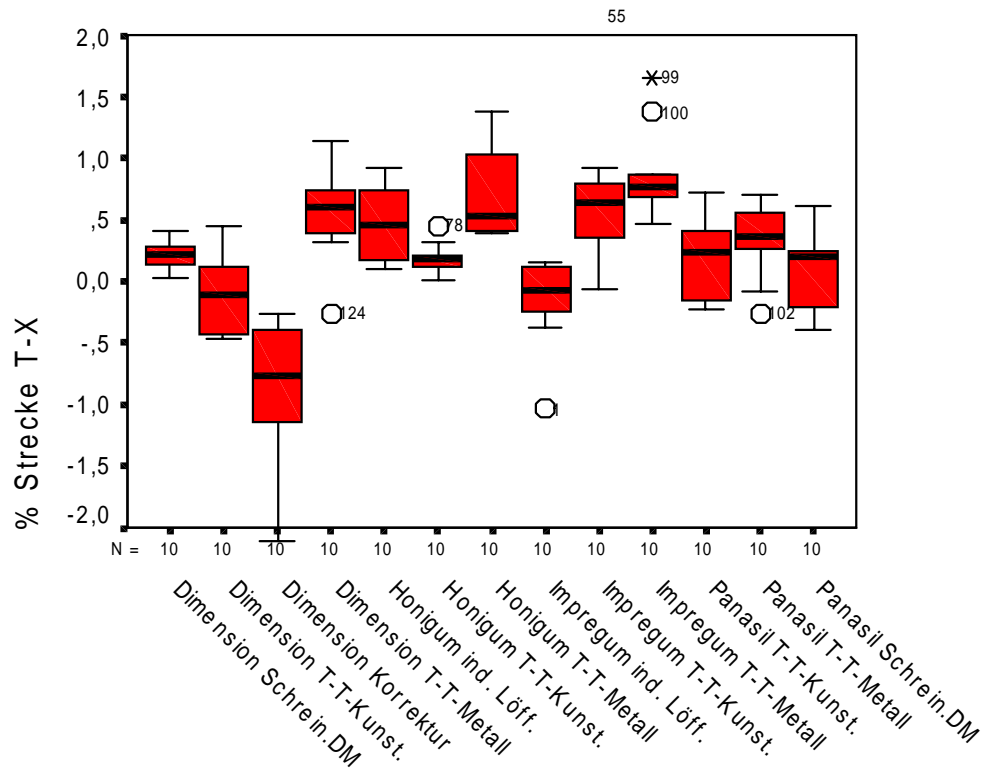
Abb. C.2 Abweichung der Strecke S-V der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

ANHANG



GESAMT

Abb. C.3 Abweichung der Strecke T-U der einzelnen Modelle vom Urmodell in %



GESAMT

Abb. C.4 Abweichung der Strecke T-X der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

ANHANG

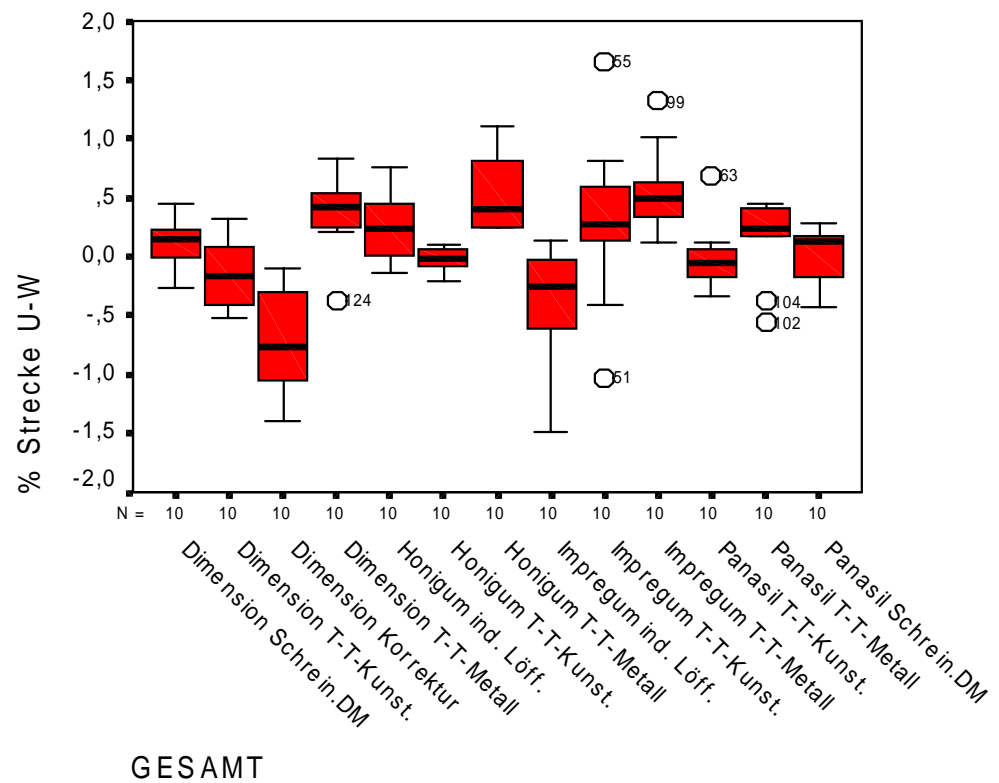


Abb. C.5 Abweichung der Strecke U-W der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

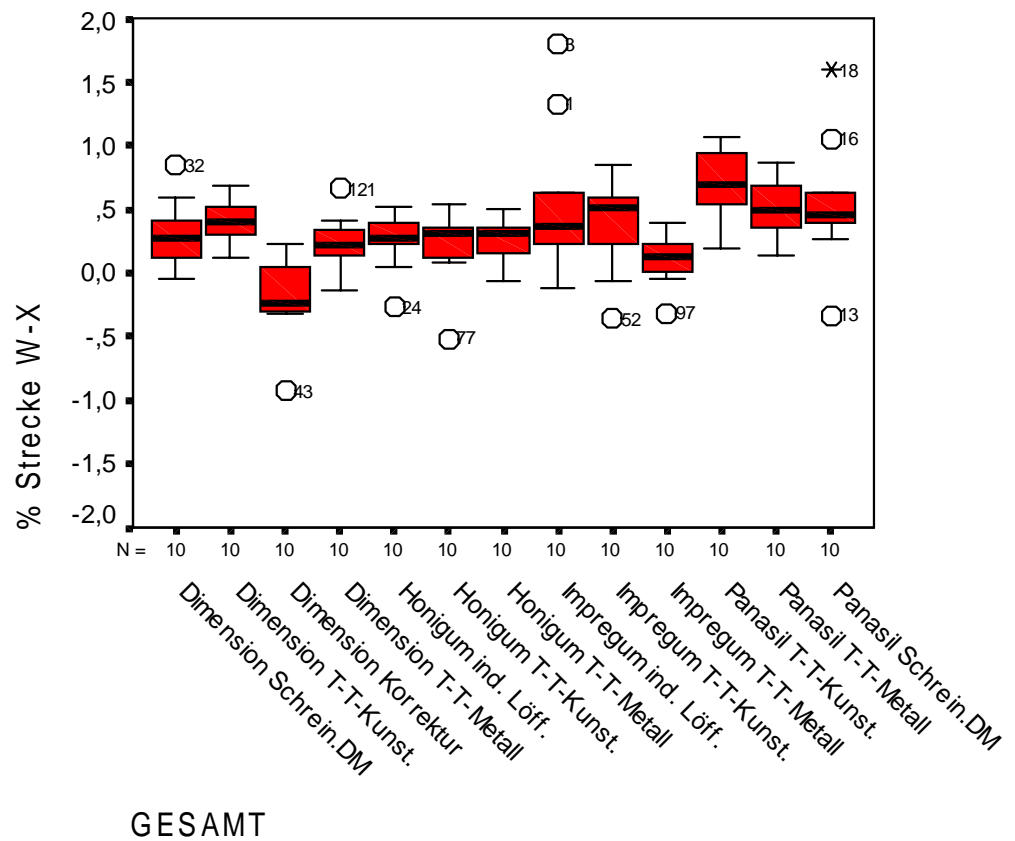


Abb. C.6 Abweichung der Strecke W-X der einzelnen Modelle vom Urmodell in %

Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Bernd Wöstmann für das Überlassen des Themas sowie für die Betreuung bei der Durchführung der Arbeit.

Für das Bereitstellen der erforderlichen Geräte und Räumlichkeiten in der Abteilung Zahnärztliche Prothetik sei Herrn Prof. Dr. Paul Ferger gedankt.

Herrn Preiss und Herrn Becker sei noch einmal für die Hilfe bei der Herstellung des Urmodells gedankt.

Für das stressintensive Korrekturlesen möchte ich mich bei meiner Mutter und meiner Schwester Henrike bedanken. Bei Tobias Eisenberg und Wilhelm Brück bedanke ich mich für die Hilfe bei Computerproblemen und für das Drucken dieser Arbeit.

Ein ganz spezieller Dank natürlich auch an meinen Kumpel Ulf Hassfurth, der mir während der Studienzeit immer mit Rat und Tat zur Seite stand.

Zum Schluss gilt ein besonderer Dank meinen lieben Eltern, die mich immer großzügig unterstützt haben und mir das Studium und damit natürlich auch diese Arbeit ermöglicht haben.

Lebenslauf

Am 1. November 1973 wurde ich, Jens Deitermann, in Mainz als Sohn des Zahnarztes Dr. Jürgen Deitermann und seiner Ehefrau Annette, geb. Joly, geboren.

Von 1980 bis 1983 besuchte ich die Grundschule Gau-Bischofsheim in Lörzweiler, von 1983 bis 1984 die Grundschule Martinusschule in Mainz, anschließend das Gymnasium Theresianum ebenfalls in Mainz. Hier legte ich am 15. Juni 1993 als Abschluss das Abitur ab.

Im Anschluss daran leistete ich in den Unikliniken Mainz den Zivildienst ab.

Im Wintersemester 1994/95 begann ich an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz mit dem Studium der Zahnheilkunde. Hier legte ich 1995 die naturwissenschaftliche Vorprüfung ab. Vom Wintersemester 1995/96 an bis zum Sommersemester 1999 studierte ich an der Justus-Liebig-Universität Gießen. Hier absolvierte ich 1997 die zahnärztliche Vorprüfung und 1999 die zahnärztliche Prüfung. Am 13. Januar 2000 erlangte ich die Approbation als Zahnarzt.

Seit Oktober 2000 bin ich in der Praxis für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Dr. Dr. L. Mago als Assistent beschäftigt.

Mainz, Dezember 2000